



LEHRBUCH

DER

PHYSIOLOGIE DES MENSCHEN

VON

C. LUDWIG,

PROFESSOR AN DER JOSEPHSAKADEMIE IN WIEN.

ZWEITER BAND.

AUFBAU UND VERFALL DER SÄFTE UND GEWEBE. THIERISCHE WÄRME.

ZWEITE NEU BEARBEITETE AUFLAGE.

LEIPZIG UND HEIDELBERG.

C. F. WINTERSCHE VERLAGSHANDLUNG.

1861.


HERM. SCHWARTZ

Inhalt des zweiten Bandes.

Sechster Abschnitt.

Siebenter Abschnitt.

Sechster Abschnitt.

Physiologie der Ernährung.

I. Blut.

Zusammensetzung des Blutes.

Die Gefässröhren, die vom Herzen aus und zu ihm zurückgehen, sind im Leben mit einem verwickelten Gemenge fester und flüssiger Stoffe, dem Blute, gefüllt, das nach Zusammensetzung und Eigenschaften, mit der Zeit und dem Orte seines Aufenthalts wechselt; um eine Uebersicht zu gewinnen, werden wir zuerst die am besten gekannte Blutart möglichst genau beschreiben und dann die Abweichungen der übrigen angeben.

Hautaderblut der Erwachsenen.

Die anatomische Zergliederung zerlegt das Blut des Lebenden in eine Flüssigkeit, das Plasma, und in Festes, Aufgeschwemmtes, welches, je nach seiner Gestalt, Blut- und Lymphkörperchen, Elementarkörnchen, Faserstoffscholle u. s. w. genannt wird.

A. Blutflüssigkeit, Plasma.

Die bekannten Bestandtheile derselben sind: Faserstoff, Eiweiss, Caseïn, Oxyproteïn, Lecithin, Cerebrin, Oleïn, Margarin, Cholestearin, Zucker, Margarin-, Oel-, Butter-, Milch-, Hippur- und Harn-Säure, Kreatin, Harnstoff, braune Farbstoffe, Kali, Natron, Kalk, Magnesia, Eisenoxyd, Wasser, Salz-, Schwefel-, Phosphor-, Kiesel- und Kohlensäure, Fluor, Sauerstoff- und Stickgas.

1. Faserstoff. Aus 100 Theilen Blut gewinnt man ungefähr 0,2 bis 0,3 Theil.

Beim Pferd enthält nach Lehmann das Blut der Vena jugularis 0,45, das der Finger- und Sporader 0,64 Faserstoff. Daraus zu schliessen, dass das Blut während seines Laufes aus den kleinern in die grössern Venen Faserstoff einbüsst, entbehrt jeglicher Grundlage, so lange nicht feststeht, ob der Faserstoffgehalt der kleinen Venen,

aus denen sich das Drosseladerblut sammelt, sich gerade so verhält, wie jener der vorhin erwähnten. Gesetzt aber, es sei dieses bewiesen, so würde diese Thatsache immer noch nicht aussagen, dass sich der Faserstoff vermindert hätte; denn wir müssen den Faserstoff als einen Bestandtheil des Plasmas ansehen, da aber Blut aus Plasma und Körperchen besteht, so könnte ein abweichendes Verhältniss des Faserstoffs auch auf eine Aenderung der Relation zwischen jenen beiden Gemengbestandtheilen bezogen werden.

Zur Gewichtsbestimmung wird der Faserstoff auf zwei Weisen gewonnen. Entweder man lässt das aus der Ader getretene Blut ungestört gerinnen; da in diesem Falle das durch die ganze Masse des Bluts fest gewordene Fibrin die Blutflüssigkeit und Blutkörperchen in sich schliesst, indem sich der sog. Blutkuchen bildet, so muss man dasselbe nachträglich von diesen Beimengungen befreien. Zu diesem Behuf zerschneidet man den Blutkuchen in kleine Stücke, füllt diese in ein leinenes oder seidenes Tuch und spült sie so lange mit Wasser aus, als dieses noch eine Spur rother Farbe zeigt; durch Aufhängen des Beutels in destillirtes Wasser sucht man endlich auch die letzten Spuren löslicher Stoffe zu entfernen, ein Unternehmen, das jedoch oft wegen der eintretenden Fäulniss des Faserstoffs nicht zum vollkommenen Ziele geführt werden kann. — Oder man schlägt auch mit einem Glasstab das aus der Ader gelassene Blut, wobei sich der Faserstoff in Flocken ausscheidet. Das geschlagene Blut filtrirt man durch eine feine Leinwand und befreit den zurückbleibenden Faserstoff von den anhängenden übrigen Blutbestandtheilen wie oben. Den auf eine von beiden Arten gewonnenen Faserstoff spült man vorsichtig von der Leinwand ab, trocknet ihn bei 120° C. mit aller für hygroskopische Stoffe nöthigen Vorsicht. Darauf pulvert man denselben, zieht eine gewogene Menge mit Aether aus und trocknet von Neuem; der Gewichtsunterschied vor und nach dem Aetherauszug gibt den Fettgehalt des Faserstoffs. Schliesslich verbrennt man den entfetteten Antheil, um seinen Aschengehalt festzustellen. Diese Methode selbst mit aller Sorgsamkeit ausgeführt, gibt nur ungenaue Ergebnisse, weil durch das Leinwandfilter feine Flocken dringen, und weil der Faserstoff, auf die eine oder andere Art gewonnen, immer Blut- und Lymphkörperchen einschliesst, die durch das Waschen nicht entfernt werden können. Dieser Einschluss bedingt es, dass man aus demselben Blute verschiedene Werthe des Faserstoffgehaltes erhält, je nachdem man denselben durch Schlagen oder aus dem Blutkuchen gewonnen (v. Gorup, Hinterbeger, Moleschott) *).

Wenn sich die Erfahrung von Marchal, dass das Blut in höherer Temperatur mehr Faserstoff ausscheidet als in niederer, bestätigte, so müsste man, was bisher nicht geschehen, auch Rücksicht auf die Gerinnungstemperatur nehmen. Lehmann bestreitet übrigens den Einfluss der Temperatur auf die Menge des abgeschiedenen Faserstoffs.

Wenn das Blutplasma (oder auch das Gesammtblut) einige Zeit hindurch nicht mehr unter dem Einfluss der lebenden Wand eines Blutgefässes steht, fällt aus ihm ein Gemenge oder eine Verbindung eines Eiweissstoffes mit Kalk und Magnesiasalzen, der sog. Faserstoff nieder (Tackrah, Brücke**). Demnach wird Blut, ohne dass wir eine Veränderung an demselben wahrnehmen, ge-

*) v. Gorup, Vergleichende Untersuchungen etc. Erlangen 1850 p. 8. — Moleschott, Physiologie des Stoffwechsels. Erlangen 1851 p. 282 u. 236. — Lehmann, physiolog. Chemie I. 366.

**) Brücke in Virchows Archiv XI. Bd. N. F. — Lister Edinburgh medical Journ. Apr. 1858. — Richardson the cause of the Coagulation of the Blood; London 1858.

rinnen, wenn es aus der Ader gelassen wird, oder in Gefässen von grossem Durchmesser vollkommen ruht, oder von Gefässen umschlossen wird, dessen Wandungen die Eigenschaft einbüssten, welche man mit einem vorläufigen Ausdruck lebendige nennt; aber obwohl Blut unter diesen Umständen sich selbst überlassen sicher gerinnt, so geschieht diess doch nicht momentan und nicht unter allen Bedingungen gleich rasch, auch können chemische Zusätze die Gerinnungsfähigkeit des Blutes ganz vernichten. Der Gerinnungsbeginn wird hinausgeschoben: durch die Entfernung des im Blute aufgelösten Sauerstoffs, eine niedere dem Nullpunkt nahe positive Temperatur, durch einen dem normalen Maximum sich annähernden Salzgehalt des Plasmas, ferner kann er auf Stunden hin verzögert werden durch einen Zusatz von einigen Neutralsalzen mit alkalischer Basis, von Zucker und Gummi, durch eine geringere Zugabe von kaustischem Kali und Ammoniak und endlich durch Eintröpfeln von soviel Essig-, Salpetersäure u. s. w., dass das Blut schwach sauer reagirt; durch Neutralisation des angesäuerten Blutes mit Ammoniak wird die Gerinnbarkeit vollkommen aufgehoben. (Brücke.) Der Gerinnungseintritt wird näher gerückt durch einen die Blutwärme um etwas übersteigenden Temperaturgrad, durch Berührung des Blutes mit mineralischen Stoffen Luft, Erden, Metall, durch Bewegung des aus der Ader gelassenen Blutes. Unabhängig ist dagegen der Gerinnungseintritt einer weit verbreiteten Ansicht entgegen von dem Gehalt des Blutes im Faserstoff (Brücke), wie nach dem Bestehen oder Verlust der Nerven- und Muskelerregbarkeit (Brücke, Lister) und — da zu diesen bekannten auch noch unbekannte in dem Blut selbst gelegene Gründe den Zeitpunkt der Gerinnung bestimmen, so lässt sich derselbe nicht allgemein gültig festsetzen. Meist jedoch gerinnt jedoch das abgelassene Blut wenige Minuten nach der Entfernung aus der Ader, das in der Leiche zurückbleibende aber hält sich stunden- und tagelang flüssig. Ebenso kann Pferdeblut eine Temperatur von 0^0 bis $+ 1^0$ ausgesetzt stundenlang flüssig bleiben.

Den vollendeten Beweis für den durch Tackrah wahrscheinlich gemachten Satz, dass die Gefässwandung die Blutgerinnung verhindere, erbrachte Brücke; er nahm Blut aus den Gefässen bei einer Temperatur von nahe 0^0, setzte es der atmosphärischen Luft ungefähr 15 Minuten lang aus, füllte dann das Blut in das Herz oder ein grosses Gefäss des eben getödteten Thieres zurück, und hing das wohl zugebundene Gefäss in einen mit Wasserdampf gesättigten Luftraum von mittlerer Zimmerwärme. Auf diese Weise erhält sich das Blut der Säugethiere im Herzen derselben vier bis fünf Stunden hindurch d. h. so lange flüssig als das Herz seine Erregbarkeit behauptet,

und es gerinnt mit dem Erlöschen des letzteren. Dasselbe leisten Venen und arterielle Blutgefässe. Länger, bis zu acht Tagen bleibt das Blut der Kaltblüter im ausgeschnittenen Herzen flüssig, also länger als sich die Beweglichkeit des Herzens erhält. Den Unterschied der Gerinnungszeiten zwischen beiden Blutarten begründet ihr Temperaturunterschied und ihre verschiedene Neigung zu gerinnen; denn in dem auf 30° C. erwärmten Amphibienherzen erfolgt zwar die Gerinnung früher, aber immer noch um viele Stunden später als im Säugethierherzen, und anderseits ist auch das Amphibienherz nicht befähigt die Gerinnung des in dasselbe eingefüllten Säugethierbluts aufzuhalten, obwohl das Herz einer Amphibienart alles andere Amphibienblut flüssig erhält. Die starke Neigung des Säugethierblutes zum Gerinnen wird auch dadurch bethätigt, dass es in dem Herzen sehr zählebiger Thiere wie z. B. des Igels schon um ein Kurzes früher fest geworden ist als das Absterben der Muskeln vor sich gegangen. Dass nun aber bei dieser Aufbewahrungsmethode die Gerinnung in Folge einer Wirkung von Seiten der Wand ausbleibt, ergiebt sich: weil ein jeder Tropfen Blut, der aus dem wie oben zubereiteten Gefäss genommen war, alsbald gerinnt; ferner bringt man Luft, Quecksilber u. s. w. zu dem Blut in das Gefäss, so gerinnt nur der kleine in der unmittelbaren Nachbarschaft des fremden Körpers liegende Blutantheil; schliesst man endlich einen Theil des im Gefäss enthaltenen Blutes dadurch ab, dass man in das Blut ein Glasrohr schiebt so findet man nur den Inhalt des (an beiden Seiten offenen) Glasrohrs geronnen. Diese letzteren Erfahrungen beweisen auch, dass man sich nicht etwa so ausdrücken dürfe: alle Stoffe, die Gefässwandung ausgenommen, erzeugen durch ihre Berührung mit dem Blut die Gerinnung, denn dann dürfte das um den fremden Körper vor sich gehende Festwerden nicht local bleiben und noch mehr es müsste in einem Gefäss voll ruhenden Blutes die Gerinnung nicht rascher erfolgen als in einem bewegten. Da dieses aber geschieht, so bedarf das Blut zum Flüssigbleiben der Wandberührung. Den Beweis hierfür hat Lister noch durch die Thatsache vervollständigt, dass das gerinnbare Leichenblut in engen Gefässen länger flüssig bleibt als in den weitern. Richardson, welcher die durch Athmungsversuche längst bekannte Thatsache bestätigt fand, dass sich aus dem Blut bei einer Berührung mit Luft Ammoniak entwickelt, und sich ebenfalls davon überzeugt, dass eine Zumischung von einer sehr geringen Ammoniakmenge zum Blut, die Gerinnung desselben zu verzögern vermag, glaubt sich darum berechtigt, die Ursache der Gerinnung auf den Verlust der äusserst geringen Menge von Ammoniakdunst schieben zu dürfen, welchen das gelassene Blut erleidet. Wenn man auch die von ihm in den Vordergrund geschobenen Thatsachen als richtig anerkennen muss, so darf man dennoch seiner Folgerung nicht beitreten, weil es eine ebenfalls ganz bekannte Erscheinung ist, dass das mit Ausschluss aller Luft aus der Ader unter Quecksilber aufgefangene Blut dort gerinnt; hierzu kommt, dass Lister, der seinen eigenen Beobachtungen entgegen der Unterstellung von Richardson anhängt, das in dem Gefässe einer Leiche zurückgehaltene Blut flüssig erhielt, wenn er auch Luft mit ihm in Berührung brachte, oder wenn er eine blutgefüllte Vene eines eben getödteten Thieres der Luft so lange aussetzte, dass sich das dunkle Blut hellroth färbte. Im noch vollkommneren Widerspruch mit Richardson's Annahme steht endlich der von Lister ausgeführte Versuch, dass das Blut in den Gefässen eines lebenden oder eben getödteten Thieres, deren Wandungen er mit kaustischen Ammoniak bestrich, gerann; dieses erläutert sich nach Brücke einfach daraus, dass die Lebenseigenschaften der Gefässwand zerstört worden sind.

Wie die der Blutgefässe wirkt auch die Wand der Lymphgefässe der Gerinnung des Faserstoffs entgegen; die serösen Häute und die Darmschleimhaut thun es nicht.

Da der Faserstoff aus der Blutflüssigkeit und nicht aus den Körperchen ausfällt, (J. Müller*) so setzte man ihn auch schon im Plasma als einen besonderen Stoff, als flüssiges Fibrin voraus. Brücke zeigte jedoch, dass zu der letzteren Annahme kein Grund vorhanden sei, indem ein Blutplasma, welches durch Zusatz von Essigsäure und einen nachträglichen von Ammoniak am Gerinnen verhindert wurde, gerade so viel durch Hitze coagulabeles Eiweiss mehr enthält, als es, wenn es geronnen wäre, an Faserstofl ausgeschieden hätte. Demnach wäre es am wahrscheinlichsten, dass im flüssigen Blute der Faserstoff als Blutalbumin nie vorhanden ist. Als Grund dafür, dass ein Antheil des Bluteiweisses in der Form von Faserstoff zum Gerinnen kommt, würde sich dann am ungezwungensten darbieten, dass ein Theil des Albumins nach seiner Entfernung aus dem Gefässe mit irgend einem anderen Stoffe des Plasmas eine natürliche Verbindung eingeht, deren Entstehen u. A. auch durch eine verdünnte Säure verhütet würde. Hierfür spricht einmal der negative Beweis, dass die Gerinnung nicht darum geschieht, weil das Blut mit Albumin übersättigt war, weil, wenn einmal die Faserstoffgerinnnng beendet ist, weder durch Abkühlen des Blutes, noch durch einen Wasserverlust eine neue Abscheidung bewerkstelligt werden kann, und positiv lässt sich für jene Anschauung von Brücke anführen, dass in dem niedergefallenen Gerinnsel immer noch basisch phosphorsaurer Kalk und Talk enthalten ist.

Unter der soeben entwickelten Unterstellung lässt sich auch ein Mechanismus denken, dessen sich die Gefässwand zur Flüssigerhaltung des Blutes bedient; denn dann wäre es nur nöthig anzunehmen, dass eins der chemischen Produkte, die sich fortwährend in der Gefässwand bilden, in das Blut diffundire, und dort das Entstehen der gerinnenden Eiweissverbindung verhüte; dieser Stoff müsste aber selbst im Blute verändert werden, so dass nur in dem Maasse, in dem er sich umsetzt, auch die Gerinnung vor sich gehen könnte. Mit dieser freilich noch gewagten Hypothese steht es aber im Einklang, dass die Gerinnung nicht momentan, sondern erst einige Zeit nach der Trennung des Bluts von der Gefässwand beginnt, und dass sie verzögert wird durch die Bedingungen, welche den Blutumsatz mindern, also durch Temperaturerniedrigung, Salzlösungen, Sauerstoffmangel; diese Hypothese gibt auch einen Hinweis auf neue Untersuchungen über die Beziehungen der Gefässwand zur Blutgerinnung. Die Versuche von Joh. Müller, auf die oben hingedeutet wurde, bestehen darin, dass man zum Blute Zucker oder Glaubersalzlösung fügt, und es filtrirt oder sich die Körperchen zu Boden senken lässt, die Gerinnung geht in der körperchenfreien Flüssigkeit vor sich.

---

*) Handbuch der Physiologie 4. Aufl. I. Bd. p. 117.

Nachdem sich der Faserstoff fest ausgeschieden hat, erfährt er einige Zeit hindurch noch fortlaufende Veränderungen, die sich augenfällig dadurch äussern, dass er aus einem lockern ein festes Gefüge annimmt, und dadurch, dass er sich aus einen grösseren auf ein kleineres Volumen zusammenzieht. Diese Erscheinung macht den Eindruck, als ob sich der Quellungscoeffizient des Faserstoffs während des Zeitraums, der unmittelbar auf die Gerinnung folgt, ändere. Brücke verweist auf die Aehnlichkeit, die in dieser und in anderen Beziehungen der Faserstoff mit dem Eiweissstoff besitzt, der durch Auswaschen des Kalialbuminats mit verdünnten Säuren erhalten werden kann. Von den elementaren Formen des Faserstoffgerinnsels handelt Bd. I. pag. 42.

2. Albumin. Das Eiweiss soll auf zweierlei Art in der Blutflüssigkeit vorkommen, als freies und als neutrales Natroneiweiss. Als freies Eiweiss bezeichnet man dasjenige, welches durch Erhitzung der Blutflüssigkeit ohne vorgängigen Säurezusatz zum Gerinnen gebracht werden kann. Dieses Eiweiss enthält, nach den übereinstimmenden Angaben von Rüling und Mulder, 1,3 pCt. Schwefel und ist somit um 0,3 bis 0,4 pCt. schwefelärmer als das Hühnereiweiss. Durch Erwärmen mit Kali ist aus dem Bluteiweiss die Hälfte des Schwefels abscheidbar, aus dem Hühnereiweisse dagegen kaum ein Viertel, so dass das letztere fast noch einmal so reich an festgebundenem Schwefel ist, als das erstere. — Als Natronalbuminat (eiweisssaures Natron) sieht man die Eiweissmenge an, welche aus dem Blutserum erst durch Erhitzung abscheidbar ist, nachdem man die alkalisch reagirende Blutflüssigkeit genau neutralisirt hat.

Die Behauptung von C. Schmidt *), dass das freie Eiweiss in der Blutflüssigkeit mit dem Chlornatrium in einer Verbindung ähnlich dem Kochsalz-Zucker vorhanden sei, stützt sich darauf, dass der geronnene Faserstoff in einer wässerigen Lösung von Kalisalpeter zu einer dem Bluteiweiss ähnlichen Substanz umgewandelt werde, und dass das Blut nach der beträchtlichen Entleerung seiner salzartigen Bestandtheile, welche es in der epidemischen Cholera erleidet, von seinem NaCl noch ungefähr so viel zurückhält, als nach gewissen wenig begründeten Annahmen nöthig ist, um mit dem Eiweiss die bezeichnete hypothetische Verbindung zu bilden.

Der Gehalt der Blutflüssigkeit an Eiweiss, freiem und an Natron gebundenem, schwankt zwischen 7,9 bis 9,8 pCt.

Das Eiweiss wird aus der Blutflüssigkeit entweder durch Gerinnung in der Hitze oder mittelst des Polarisationsapparates quantitativ bestimmt. — Bedient man sich der ersteren Methode, so muss das Blut, bevor es erhitzt wird, durch Essigsäure genau neutralisirt werden (Scherer). Das Coagulum wird filtrirt, gewaschen und bei 120° C.

*) l. c. p. 150.

getrocknet; darauf wird ein Antheil gepulvert mit Aether ausgezogen, um seinen Fettgehalt zu ermitteln, und endlich verbrannt, wodurch der Aschenrückstand gegeben wird. Die Anwendung dieser Vorsichtsmaassregeln schützt aber doch noch nicht vor Fehlern, weil das Eiweiss bei seiner Gerinnung, ausser Na Cl, $2NaO\,PO^5$ *) und Fetten, auch noch andere, von dem Gerinnsel nicht mehr zu sondernde Stoffe einschliesst, wie z. B. die Hüllen der Lymphkörperchen, organische Salze, Farbstoffe u. s. w. Die Gerinnungsmethode würde aber als ganz unsicher zu verlassen sein, wenn sich die Angabe von Lieberkühn **) bestätigte, wonach nicht allein Albumin, sondern auch Caseïn aus neutralen oder sauren Salzlösungen durch Kochen gefällt wird. — Das Verfahren von Becquerel die Drehung der Polarisationsebene zur quantitativen Eiweissbestimmung zu benutzen, ist von F. Hoppe ***) aufgenommen und verbessert worden. Statt des Apparates von Soleil wendet er den von Ventzke an, und bedient sich statt der sehr viel längeren Eiweissschicht von Becquerel einer von 100 Mm., bei gelbgefärbtem Serum sogar nur einer von 25 Mm. Dicke. Das flüssige Eiweiss dreht nach F. Hoppe ungefähr in dem Maasse links, in welchem der Rohrzucker rechts dreht. —

Da der Zucker je nach der Spezies (Rohr-, Trauben-, Frucht-, Syrupzucker u. s. w.), der er angehört, der Zeit, während welcher er gelöst war, der Temperatur, in der er sich findet, und den Zusätzen, die zu seiner Lösung geschehen, bald rechts, bald links oder auch gar nicht dreht, so müsste das Eiweiss und seine Modifikationen, welche im Blut vorkommen, ebenfalls mit Rücksicht auf die bezeichneten Bedingungen geprüft werden. Einen Theil der hierher gehörigen Versuche hat Hoppe angestellt; nach diesen behauptet er, dass sich das Drehungsvermögen des gelösten Eiweisses in der Zeit, insofern keine Zersetzung eintrete, nicht ändere: trete eine solche ein, die sich durch Trübung der Lösung anzeigt, so mindere sich das Drehungsvermögen. Durch einen die Flüssigkeit aufhellenden Zusatz von Essigsäure kann die frühere Drehkraft wieder hergestellt werden. Durch einen Zusatz von Natron zum Bluteiweiss wird sein Drehungsvermögen vermehrt, durch Kochen mit demselben wird es anfangs vermindert, dann aber bleibe es constant. — Zur Graduirung der Ablenkungen braucht er die Bestimmung durch Ausfällung in der Hitze; er erklärt sich danach für berechtigt anzunehmen, dass, wenn man die quantitative Genauigkeit nicht über 0,1 p. C. treiben wolle, das entgegengesetzte oder gleichgerichtete Drehungsbestreben anderer in dem Blutserum gelöster Stoffe nicht zu berücksichtigen sei. Er bestätigt dieses noch dadurch, dass er das Blut mit Aether und $NaCO_2$ schüttelt, wodurch das Eiweiss vollends abgeschieden, die andern drehenden Bestandtheile des Serums aber in Lösung bleiben. Dieser flüssige Rückstand lenke die Polarisationsebene nur um ein Unbedeutendes ab.

3. Anderweite Eiweissstoffe der Blutflüssigkeit †). In der Flüssigkeit, aus der man noch so vorsichtig und vollkommen nach den angegebenen Verfahren Faserstoff und Eiweiss herausgeschlagen, bleiben Stoffe zurück, die nach den Resultaten der Elementaranalyse und ihren Reactionen zu der Gruppe der eiweiss-

---

*) Roser, Liebigs Annalen. Bd. 73 p. 334.

**) Poggendorf, Annalen. 86. Bd. p. 117 u. 298.

***) Virchows Archiv XI. Bd. p. 547.

†) Mulder, Versuch einer allg. phys. Chemie. Braunschweig 1851 p. 1107. — Moleschott, Physiologie des Stoffwechsels. Erlangen 1851 p. 240. — Panum, Archiv für patholog. Anatomie. v. Virchow, III. Bd. 251.

artigen gehören. Ueber die besondere Natur derselben hat man sehr verschiedene Meinungen aufgestellt, bald hält man sie für Natronalbuminat, bald für Käsestoff, bald für Proteïnbioxyd und endlich erklärt man sie auch für ein Gemenge der genannten und noch anderer eiweissartiger Stoffe. Bei dem sich stets klarer herausstellenden Mangel an unterscheidenden Kennzeichen zwischen den einzelnen Gliedern der Eiweissgruppe und den wenigen genauen Untersuchungen über die fraglichen Körper scheint eine Entscheidung zwischen den Tagesmeinungen sehr gewagt. — Nach eigenen Untersuchungen kann ich versichern, dass zu allen Zeiten ein Stoff in der Blutflüssigkeit vorkommt von der prozentischen Zusammensetzung, wie sie Bd. 1. p. 38. C. angegeben wurde. Der in diesem Stoffe enthaltene Schwefel ist gleich demjenigen des Proteïns durch Erwärmen in Kaliauflösung nicht abscheidbar. —

4. Fette*), wahrscheinlich fette Säuren, werden nur in sehr geringer Menge aus der Blutflüssigkeit gewonnen; sie sind, wie man vermuthet, entweder an die Alkalien des Bluts, mit denen sie Seifen darstellen, gebunden gewesen, oder sie sind Zersetzungsprodukte der phosphorhaltigen Fette (Gobley). Man erhält sie, wenn man die Flüssigkeit, welche nach Gerinnung des Eiweisses durch die Hitze zurückbleibt, filtrirt, eindampft und mit Aether auszieht. — Ausserdem enthalten, wie erwähnt, Faserstoff und Eiweiss, wenn sie niedergefallen sind, Fette, über deren Ursprung wir im Unklaren sind; vielleicht waren sie in den Blut- und Lymphkörperchen eingeschlossen, welche jene Stoffe beim Coaguliren mit sich rissen. —

5. Fettähnliche Stoffe**). Das Cholestearin, welches in der Blutflüssigkeit vorkommt (Marcet), soll in den Seifen derselben gelöst sein. — Das Gemenge fettartiger, für sich in Wasser unlöslicher Körper, welchem Boudet den Namen Serolin gab, ist später häufig wiedergefunden; über seine Zusammensetzung und die Art, wie es im Blutwasser gelöst ist, fehlt eine Angabe. Gobley zählt unter die Bestandtheile des Serolin: Lecithin, Cerebrin, Oleïn, Margarin, eine Angabe, die eine weitere Bestätigung erwartet. —

6. Der Zucker des Plasma's ist gährungsfähig, und wahrscheinlich Traubenzucker. Nach der Nahrung und den Zuständen der Leber kann sich der Zuckergehalt des Hautvenenblutes von

---

*) Marcet in Liebigs und Kopps Jahresbericht für 1851. 587.

**) Verdeil und Marcet in Liebigs und Kopps Jahresbericht für 1851, p. 588. — Gobley ibid.

0,5 pCt. bis zum gänzlichen Verschwinden ändern; für gewöhnlich scheint sein Prozentgehalt den Werth von 0,15 nicht zu übersteigen.

Die quantitative Bestimmung geschieht entweder durch Titriren mit Kupferlösung oder durch Gährung, beides nach vorgängiger Ausfällung der Eiweissttoffe mit Alkohol. Diese Methoden geben nur angenäherte Werthe. — Die Sitzungen in den Pariser Akademien sind in den Jahren 1855 und 56 häufig durch Besprechungen über den Zuckergehalt des Bluts ausgefüllt worden, an dem sich einerseits Longet, Collin, Figuier und anderseits Cl. Bernard, Lehmann, Poggiale, Moleschott, Leconte, Delore betheiligt haben. Bei dem Leberblut und der Leber werden wir auf diese meist unfruchtbare Diskussion zurückkommen.

7. Harnstoff. Nach Picard **) enthält das Blut ganz gesunder Menschen von 0,014 bis 0,017 im Mittel 0,016 pCt. dieses Körpers; nach einer der Gesundheit nicht wesentlich beeinträchtigenden Unterdrückung der Regeln ohne bestehende Schwangerschaft steigt er bis zu 0,030 pCt. Diese Zahlen würden nach den Angaben v. Recklinghausen's kein Zutrauen verdienen.

Picard fällt das Eiweiss des Bluts mit Alkohol, presst den schwach angesäuerten Niederschlag wiederholt aus und verdampft dann die filtrirten Flüssigkeiten. Der Rückstand wird mit Alkohol ausgezogen, noch einmal verdunstet und das Residuum abermals mit einem Gemenge von Aether und Alkohol extrahirt; dieser Auszug wird abgedampft und sein Rückstand in Wasser gelöst; aus dieser Lösung werden die noch vorhandenen Extrakte mit Blei gefällt. Nachdem der Bleiüberschuss mit SH entfernt wurde, bestimmt er endlich den Harnstoff durch eine titrirte Lösung von salpetersaurem Quecksilberoxyd nach Liebig. Der Quecksilberniederschlag enthält keinen andern organischen Körper als Harnstoff. Trotz der vielen mit der Harnstofflösung vorgenommenen Operationen soll, wie sich Picard überzeugte, bei der Arbeit kein nennenswerther Verlust vorkommen. — Mit dieser Angabe steht eine Mittheilung von Recklinghausen in grellem Widerspruch, welcher in dem durch die Liebig'sche Flüssigkeit erzeugten Niederschlag des Blutextractes Ammoniak und Natron antraf, und der in den aus solchem Blut zum Titriren bereiteten Lösung noch ClNa vorfand.

8—12. Kreatin, Kreatinin, Harn-, Hippur- und Milchsäure enthält das Blutwasser in sehr geringer Menge. Die hier aufgezählten Stoffe machen, den Zucker- und den Harnstoff eingeschlossen, wesentlich das aus, was man als den organischen Theil des spirituösen Blutextractes bezeichnet, ein Namen, der darum aufzugeben ist, weil die einzelnen Glieder des Gemenges, weder quantitativ, noch qualitativ sich gleich bleiben. —

13. Die mineralischen Bestandtheile der menschlichen Blutflüssigkeit hat man bis dahin meist aus der Asche ihres eingetrockneten Rückstandes bestimmt, aus diesem Grunde müssen den Angaben Fehler anhaften über den Gehalt an Chlor, Schwefel- und Phosphorsäure; und da man bei der Aschendarstellung die

*) De la présence de l'urée dans le sang. Strasbourg 1856. — v. Recklinghausen, Virchows Archiv 1858.

Vorichtsmassregeln nicht in Anwendung brachte, welche nach den Versuchen von Erdmann, Strecker*), H. Rose**), Mitscherlich und Heintz***) nothwendig sind, so ist auch der Gehalt an Kalium und Natrium fehlerhaft bekannt geworden.

Die Veränderungen, welche mit den Blutmineralen bei der Aschenbereitung vor sich gehen, bestehen darin, dass die Menge der SO_3 und unter Umständen die der Ph_2O^5 vermehrt wird, in Folge einer Oxydation des Schwefels der eiweisshaltigen und des Phosphors der fettartigen Körper. Die überschüssige Schwefelsäure wird aber Cl austreiben, was auch schon durch die überschüssige Kohlen- und die bei der Verbrennung sich bildende Cyansäure geschehen kann. In höheren Temperaturen verflüchtigen sich die Chloralkalien. Die vorhandenen phosphorsauren Salze, mit zwei Atomen fixer Basis, werden durch die neugebildete Schwefelsäure zum Theil in saure verwandelt, aus denen die Phosphorsäure durch die Kohle zu Phosphor reduzirt und dann verflüchtigt wird; oder es kann auch in höheren Temperaturen das erwähnte phosphorsaure Salz sich in ein solches mit 3 Atomen fixer Basis umwandeln, wenn nämlich gleichzeitig ein kohlensaures vorhanden ist.

Verfahrungsarten, die Salze ganz oder theilweise ohne Einäscherung zu bestimmen, geben Millon****) und Heintz †) an.

Aus der grossen Anzahl bekannt gewordener Aschenanalysen von Denis, Lecanu, Marcet, Marchand, Nasse, Weber, Verdeil und Schmidt††) wählen wir die des letztern Beobachters aus; sie kann, wie die übrigen, nur als eine Annäherung an die Wahrheit angesehen werden; denn die ihr zu Grunde liegende Asche ist nach einem Verfahren gewonnen, welches dem älteren Rose'schen†††) sehr ähnlich sieht. Immmerhin scheint sie aber doch die zuverlässigste.

Nach Schmidt gewinnt man aus 100 Th. Blutflüssigkeit 0,85 Th. Asche; diese bestehen aus: $Cl = 0,533$, $SO_3 = 0,013$, $PhO_5 = 0,032$, $CaO = 0,016$, $MgO = 0,010$, $Ka = 0,031$, $Na = 0,341$, $O = 0,045$.

Diese Asche zählt nicht zu denjenigen, welche alle die mineralischen Bestandtheile enthält, die schon von andern Chemikern in der Blutflüssigkeit gefunden sind. Namentlich fehlen die häufig vorgefundenen: CO_2 und Eisenoxyd und die seltener vorhandenen: Kieselsäure††††), Mangan, Kupfer, Blei, und endlich das von Marchand angegebene Ammoniak.

---

*) Liebigs Annalen. 73. Bd.

**) Poggend. Annalen. 79. Bd.

***) Zoochemie, Berlin 1853. p. 868.

****) Annales de chimie et de physique 3ième sér. XIX. (de la présence normal etc.)

†) l. c. 858.

††) l. c. p. 19. p. 31.

†††) Poggendorfs Annalen 76. Bd. u. 81. Bd. 410.

††††) Kieselsäure fand Weber im Ochsen-, Henneberg, Enderlin und Gorup im Vogelblut. Da unter die Bestandtheile des Menschenhaars Kieselsäure gehört (v. Laer), so muss sie auch im Menschenblut vorkommen.

Diese Bestandtheile werden nun nach bekannten Prinzipien zu Salzen zusammengeordnet; man giebt nämlich der stärksten Säure die stärkste Base bei, und berechnet ausserdem die phosphorsauren Salzen als solche mit 3 Atomen fixer Basis. So erhält man $KO SO_3 = 0{,}028$; $KCL = 0{,}036$; $Na Cl = 0{,}554$; $3NaO PhO_5 = 0{,}032$; $3 CaO PhO_5 = 0{,}030$; $3 MgO PhO_5 = 0{,}022$; $NaO = 0{,}093$

Da diese Berechnung namentlich in Beziehung auf die Verbindungen der Phosphorsäure mit Alkalien ganz willkührlich ist, so kann sie nicht in der Absicht angestellt worden sein, um den wahren Ausdruck des Salzgemenges in der Blutasche zu geben. Aber dennoch ist sie von Wichtigkeit, denn sie zeigt 1) dass die fixen Säuren SO_3, PhO_5, ClH nicht hinreichen, um alle Basen zu sättigen. Dieses Resultat ist nicht in Uebereinstimmung mit den Angaben anderer Aschenanalytiker; denn wenn man auch niemals saure Blutaschen beobachtete, so fand man doch öfter auch solche, in denen die Basen grade zur Neutralisirung der angegebenen Säuren hinreichten. 2) Die Natronsalze überwiegen ausserordentlich, und unter diesen wieder das NaCl in der Art, dass die Summe aller übrigen sich zu dem Kochsalz wie 3 und 5 verhält. — Auf dieses Verhalten hat, wie es scheint, Denis zuerst die Aufmerksamkeit gelenkt.

Hiernächst entsteht nun die viel wichtigere Frage, in welcher Verbindung die in der Asche gefundenen Minerale in der Blutflüssigkeit enthalten sind. Leider befinden wir uns nicht in der Lage, über diesen wesentlichsten Theil der Aufgabe Aufschluss zu geben; denn 1) wissen wir überhaupt nicht, in welchen gegenseitigen Anziehungen sich die Bestandtheile mehrerer Salze befinden, die neben einander gelöst sind, mit andern Worten, ob z. B. ClKa und $2NaO PhO_5$, und wenn sie in ein und derselben Flüssigkeit gelöst werden, in dieser noch als solche befindlich sind, 2) kennen wir die Verbindungen der organischen Säuren des Blutes nicht, insbesondere ist uns die Stellung der eiweissartigen Stoffe, welche nach Wurtz und Lieberkühn schwache Säuren darstellen, zu den Basen unbekannt, 3) Ist bis jetzt noch keine Angabe geschehen, ob in der Blutflüssigkeit schwefelsaure Salze vorkommen und in welcher Menge. 4) Wie mehrt sich mit der Verbrennung die Menge der Phosphorsäure? Angesichts dieser Bedenken lässt sich nur Folgendes aussprechen.

Ein Theil des KO oder NaO ist mit den eiweissartigen Stoffen verbunden, da wie schon erwähnt, diese zum Theil durch Zusetzen

einer Säure zum Serum und zwar entweder sogleich, oder nach vorgängigem Kochen gefällt werden.

Die phosphorsaure Kalk- und Bittererde ist mit den Eiweisskörpern verbunden, und zwar wahrscheinlich als dreibasisch phosphorsaure. Diese Annahme gründet sich darauf, dass in einer alkalisch reagirenden Flüssigkeit, wie sie das Blut darstellt, die erwähnten Salze nur dann löslich sind, wenn sie mit Eiweissstoffen verbunden vorkommen; die mit dem Eiweisstoffe des Blutserums verbundene phosphorsaure Kalkerde (und Magnesia?) ist aber nach Heintz dreibasische.

Die Blutflüssigkeit enthält wahrscheinlich kohlensaure Alkalien. Denn wenn man aus der Blutflüssigkeit durch Kochen und die Luftpumpe alle mechanisch eingemengte CO_2 entfernt hat, kann durch eine zugesetzte Säure eine neue Quantität CO_2 unter der Luftpumpe aus ihr erhalten werden*).

Die Gründe, aus denen Liebig und Enderlin die Anwesenheit der kohlensauren Salze läugneten, scheinen wiederlegt zu sein. Jene Chemiker stützten sich darauf, dass die Blutasche des Menschen und der Fleischfresser (wohl aber die der Grasfresser) mit Säuren übergossen, nicht brausst. Wir haben schon angegeben, dass die kohlensäurehaltige oder kohlensäurenfreie Asche weder die Abwesenheit, noch Anwesenheit von kohlensauren Salzen in der Blutflüssigkeit beweisen kann. — Liebig macht ausserdem geltend, dass die gekochte und filtrirte Blutflüssigkeit bei Einträufeln von fixen Säuren keine CO_2 entwickle. Diese Thatsache ist aber ebenfalls nicht schlagend, weil die CO_2-freie Flüssigkeit begierig die in ihr entwickelte CO_2 absorbirt, wie Marchand und Mulder darthaten, indem sie zeigten, dass, selbst wenn ein Zusatz von $NaO\,CO_2$ zum Blut gemacht war, starke Säuren keine Kohlensäure aus ihm frei machten.

Von dem phosphorsauren Natron der Blutflüssigkeit behauptet man bald, dass es zweibasisches (PhO_5, 2NaO, HO), bald, dass es dreibasisches (PhO_5, 3NaO) sei. Für die letzte Meinung spricht die Asche, welche kein pyrophosphorsaures Natron enthält. Hiergegen lässt sich einwenden, dass das zweibasisch phosphorsaure NaO sich beim Glühen mit kohlensaurem Salze in dreibasisches umwandelt, woraus sich zur Genüge die Abwesenheit von phosphorsaurem Natron in der Asche erklärt, selbst wenn zweibasisches Salz in der Flüssigkeit vorkommt. Die Vertheidiger des zweibasisch phosphorsauren Natrons behaupten noch dazu, dass im Blut, d. i. in einer mit Kohlensäure geschwängerten Flüssigkeit, gar kein drei-

*) Marchand, Journ. für pr. Chemie 37. Bd. p. 321. — Ueber die Controverse siehe ausser der alten Literatur von Gmelin, Tiedemann, v. Ensehut u. s. w. — Liebig, Annalen 57. Bd. 126. — Lehmann, Journal für pr. Chemie. 40. Bd. 133. — Mulder, Scheik. Onderzoek. V. Deel. 435.

basisch phosphorsaures Natron bestehen könne, indem es augenblicklich in zweibasisches und kohlensaures Salz zerfalle. Da auch diese letztere Behauptung nicht durch unwidersprechliche Thatsachen erwiesen ist, so muss die ganze Frage dahin gestellt bleiben.

Die Gegenwart von NaCl und KaCl ist wohl niemals geläugnet worden. Die Kieselsäure muss, wenn sie vorhanden, in Verbindung mit Alkalien vorkommen.

Ueber die Art und Weise, wie die Metalle, namentlich die häufigen, Eisen und Mangan und die seltenen, Blei und Kupfer, gebunden sind, wissen wir nichts.

Den hier angezweifelten Beweis für die Zusammenordnung der einfachen Bestandtheile zu complizirten glaubt C. Schmidt durch Vergleichung des beobachteten und des hypothetischen spezifischen Gewichtes der Flüssigkeit gegeben zu haben. Das hypothetische spezifische Gewicht der Blutflüssigkeit lässt sich aber nach seinen Voraussetzungen ableiten, wenn man weiss, um wie viel die bekannten Volumina des Wassers und eines löslichen festen Stoffs bei wirklich geschehener Lösung dieses letzteren abnahmen, mit andern Worten: wenn man die Verdichtungscoëfficienten kennt. Nachdem er diese letzteren bestimmt hat für alle die Stoffe, welche seiner Voraussetzung nach in dem Blutwasser gelöst sind, macht er die weitere Annahme, die Verdichtung bleibe dieselbe selbst für den Fall, dass die einzelnen Stoffe, statt in Wasser, in einem solchen Salz-Gemenge, wie es die Blutflüssigkeit darstellt, gelöst seien. — Diese Voraussetzung ist nun freilich willkührlich; man könnte sie jedoch diessmal eine glückliche nennen in Anbetracht der von ihm gefundenen Ueberstimmung zwischen dem hypothetischen und dem wirklich beobachteten spezifischen Gewichte. Bei genauerer Ueberlegung ist aber gerade diese Uebereinstimmung geeignet, Misstrauen zu erregen. Denn es sind die von ihm angenommenen Stoffe der Blutflüssigkeit: $KO\,SO_3$; KaCl; NaCl; $2NaO\,PhO_5$; NaO; $3CaO\,PhO_5$; $2MgO\,PhO_5$; Albumin, Fibrin. — Wie man sogleich sieht, sind diese Stoffe zum Theil offenbar gar nicht im Blute vorhanden, wie z. B. $KO\,SO^3$; NaO, und andere übersehen wie das Albumin-Natron, die Fette u. s. w., Umstände, welche im günstigsten Falle beweisen, dass für die Salzbestandtheile die vorgeschlagene Controle nichts leistet.

14. Die Kohlensäure nimmt der Menge und ihres besonderen Verhaltens wegen den ersten Platz unter den diffusiblen Gasarten der Blutflüssigkeit ein. Auf die Menge schliessen wir in Ermangelung einer genügenden Analyse aus dem grossen Absorptionsvermögen (der faserstofffreien) Blutflüssigkeit*), welche unter dem Atmosphärendruck mit CO_2 gesperrt das anderthalbfache bis doppelte ihres Volumens von dem Gas aufnimmt (Scherer**), Mulder)***). Da H. Nasse diese Beobachtung dahin erweitert hat, dass ein Blut um so mehr CO_2 absorbirt, je reicher seine

*) Nachdem sie vorher durch Stehen an der Luft ihre verdunstbare CO_2 verloren?

**) Liebigs Annalen. 50. Bd. p. 30.

***) Physiolog. Chemie, Braunschweig 1185.

Asche an $NaOCO_2$ ist; da nach der vollkommenen Sättigung mit CO_2 die Flüssigkeit noch alkalisch reagirt, und da die gesättigte Blutflüssigkeit mit fixen Säuren versetzt, die Hälfte ihrer CO_2 selbst in einer kohlensäurehaltigen Atmosphäre verliert, so kann man nicht im Zweifel sein, dass dieser CO_2 — Antheil durch eins der alkalisch reagirenden Blutsalze $NaOCO_2$ oder $2 NaOPhO_5$ aufgenommen und verdichtet wurde. Vergleiche die Gase des Gesammtblutes.

15. Die Gegenwart des Stick- und Sauerstoffs vermuthen wir, weil die Blutflüssigkeit als eine wässerige Lösung beide Luftarten in geringen Mengen aufnimmt. Wir haben keinen Grund, anzunehmen, dass die Gasarten anders als diffundirt darin enthalten seien.

16. Der Wassergehalt der Blutflüssigkeit ist im Mittel auf 90 bis 93 pCt. gefunden worden.

Serum. Derjenige Antheil der Blutflüssigkeit, welcher zurückbleibt, nachdem der Faserstoff ausgeschieden ist, wird altem ärztlichem Herkommen gemäss Serum sanguinis genannt. Dieses Serum ist von praktischer Bedeutung für die Blutanalytiker, weil nur diese, nicht aber das gesammte Plasma der Untersuchung so weit zugänglich ist, dass spez. Gewicht, Farbe, Consistenz u. s. w. beobachtet werden können.

Da in der That die Menge des ausfallenden Faserstoffs sehr gering ist, und die Eigenschaften desselben, so lange er in Lösung befindlich, soweit wir wissen, sich nicht von denjenigen der übrigen Eiweissstoffe unterscheiden, so würde eine Uebereinstimmung in den physikalischen Verhältnissen von Plasma und Serum statuirt werden dürfen, wenn dieses letztere nur hinreichend rein erhalten werden könnte. Dies ist aber nur selten der Fall.

Das Serum gewinnt man entweder so, dass man das aus der Ader gelassene Blut sogleich gerinnen lässt. Der durch die ganze Masse des Blutes vertheilte Faserstoff schliesst bei seiner Gerinnung sämmtliche Blutkörperchen sammt der Blutflüssigkeit ein, so dass unmittelbar nach derselben das Blut einen zusammenhängenden, sehr lockeren Kuchen bildet. Nach einiger Zeit aber beginnt die Zusammenziehung des Faserstoffs, so dass nun die Blutflüssigkeit aus dem Kuchen ausgetrieben wird, während ein sehr grosser Theil der Körperchen des Blutes, welcher auf dem Faserstoffbalken aufgelagert ist, den Bewegungen derselben folgt und in dem Kuchen eingeschlossen bleibt. So unternimmt das Blut selbst eine Filtration, die wir vergebens künstlich nachzuahmen versuchen. — Begreiflich ist aber auch diese Filtration keine vollkommene und namentlich tritt ein aufgeschwemmter Bestandtheil, der dem Faserstoff weniger stark zu adhäriren scheint, die sog. Lymphkörperchen, mit dem Serum aus dem Kuchen. Diese Körperchen sind nun entweder spez. leichter als das Serum, sie treten nach oben (und können zum Theil wenigstens abgehoben werden?) oder sie

sind von gleicher Eigenschwere; diese verunreinigen also das Serum. Da das Filter, welches dem Blutserum noch den Durchtritt gestattet, sie nicht zurückhält, so werden sie nicht von der Blutflüssigkeit getrennt und bilden immer vorkommende Verunreinigungen derselben. — Zuweilen zieht man es vor, das Blut nach dem Austritt aus der Ader sogleich zu schlagen zur Abscheidung des Faserstoffs und die zurückbleibende Flüssigkeit sich selbst zu überlassen; bei vollkommener Ruhe derselben senken sich dann die rothen Körperchen desselben allmählig zu Boden. Das auf die eine oder andere Art geschiedene Serum hebt man dann vorsichtig mit der Pipette vom Bodensatz oder dem Blutküchen ab.

Das spez. Gewicht des meist gelblich gefärbten Serums wird im Mittel zu 1028, das des Wassers = 1000 gesetzt, angegeben.

B. Aufgeschwemmte Blutbestandtheile.

Zu ihnen gehören die Blutscheiben, die Lymphkörperchen, die Molekularkörnchen und Faserstoffschollen.

a. Die Blutscheiben sind im Blute ungemein zahlreich vertreten, indem nach den Zählungen von Vierordt*) und H. Welker**) in einem Cubikmillimeter Blut 4 bis 5,5 Millionen Stück enthalten sind.

Die Zählung der Blutkörperchen in einem genau gemessenen Blutvolumen ist zuerst von Vierordt ausgeführt; diese mühsame Arbeit ist durch die Welker'schen Verbesserungen der Technik wesentlich vereinfacht worden. Sie würde nach diesem letzteren Autor zu einer verhältnissmässig sehr leichten werden, wenn sich die Annahme desselben bestätigte, dass die färbende Kraft des Bluts in einer festen Beziehung zu der Zahl seiner Körperchen stände. Wäre dieses der Fall so würden die Körperchen in einem C.-Mm. Blut gezählt, und zugleich ein anderes bestimmtes Volum desselben Bluts mit einem gemessenem Volum einer farblosen Flüssigkeit z. B. verdünntem Alkohol zu vermischen sein; sollte nun der Blutkörperchengehalt einer andern Blutprobe ermittelt werden, so verdünnt man diese so lange mit derselben farblosen Flüssigkeit, bis sie die Farbe der ersten Mischung angenommen. Die Blutkörperchenzahlen verhalten sich wie die Volumina der Zusatzflüssigkeiten.

1. Anatomisches Verhalten***). Die Blutscheiben sind kleine Zellen, deren Inhalt roth oder grün (Brücke) gefärbt ist; obwohl ihre Form keineswegs als eine beständige anzusehen ist, so stellt doch die weitaus grösste Zahl derselben Rundscheiben dar, die auf der Fläche liegend, sich wie eine oben hohle Linse ausnehmen, während sie auf dem Rande stehend das Ansehen eines Biscuits darbieten. Auf eine Vertiefung der obern Fläche schliessen wir aus der Vertheilung, die hier das Licht eines Büschels erfährt, welches von der untern Fläche her mit parallelen Strahlen in die Blutscheiben eingedrungen ist; bekanntlich erscheint beim durch-

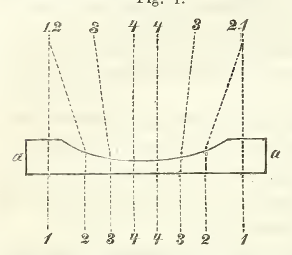
*) Archiv f. physiol. Heilkunde. XI. 26. 327. 854. XIII. 259.

**) Prager Vierteljahrschrift. XLIV. 11.

***) Kölliker, Handbuch der Gewebelehre. 5. 68. — Vierordt, Archiv für physiolog. Heilkunde. XI. 854.

fallenden Licht die helle Mitte des Blutkörperchens von einer leichten Verdunklung umgeben, auf die nach aussen ein heller Ring folgt; analysirt man aber den Gang der parallelen Strahlen 1234 Fig. I. durch die plancocave Linse *aa.*, so wird man sogleich sehen, dass auf der oberen Fläche die Mitte hell, der ausgebogene Theil lichtschwach, und der Rand wieder lichtstark erscheinen muss. — Die Biscuitform der auf der Kante stehenden Blutscheiben beweist, dass der Rand nicht überall gleich breit ist, denn sonst müsste diese Ansicht ein Rechteck darstellen. — Ausser dieser häufigsten Gestalt kommen noch andere vor, zuweilen steht die Vertiefung excentrisch, oder die Scheibe ist auf beiden Flächen erhaben, oder die Ränder tragen Zacken.

Fig. 1.



Die Blutkörperchen der ersten Form kann man in ein kugeliges Gebilde verwandeln, wenn man die Blutflüssigkeit, in der sie schwimmen, mit Wasser verdünnt, wodurch wahrscheinlich in Folge einer Diffusionsströmung der Inhalt vermehrt wird. — Die Zackenform erhalten die Körperchen, wenn sie in eine concentrirte Lösung von Glaubersalz, Zucker u. s. w. gebracht werden. Ueber andere Formveränderungen siehe bei Lindwurm *), Donders, Moleschott **), Stannius ***), Lehmann †).

Der Inhalt der Blutscheiben ist bald mehr, bald weniger tief gefärbt, bald ist er klar, bald noch mit Körnchen und Krümeln gefüllt.

2. Chemische Beschaffenheit. Um das Blutkörperchen behufs seiner quantitativen Zerlegung vom Plasma zu sondern, hat F. Hoppe ††) einen schon von Zimmermann †††) angedeuteten Weg eingeschlagen. Er ist ausführbar an Blut, dessen Körperchen sich schon merklich gesenkt haben, bevor die Gerinnung des Faserrtoffs eingetreten. Von einem solchen Blut schöpft man das über dem rothen Theil stehende Plasma ab, und bestimmt, nachdem die Gerinnung in den beiden gewogenen Portionen (der farblosen und der gefärbten) eingetreten, den Faserstoff. Da man den Faserstoff als nur dem Plasma angehörig ansehen darf, so gewinnt man aus

*) Zeitschrift v. Henle u. Pfeuffer. VI. Bd. 266.
**) Holland, Beiträge p. 360 u. Illustr. med. Zeitg. III. 79.
***) Beobachtg. über Verjüngungsvorgänge. Rostock 1853.
†) Physiolog. Chemie. II. 164.
††) Archiv für physiolog. Heilkunde. XI. 298.
†††) Virchows Archiv XII. Bd. 483.

der bekannten Verhältnisszahl zwischen Plasma und Faserstoff und dem bekannten Faserstoff des Blutkuchens, den Plasmagehalt des letztern durch Proportionsrechnung. Wäre nun der Blutkuchen und das reine Plasma weiter zerlegt, so würde man auch die Zusammensetzung des im Blutkuchen enthaltenen Plasma's finden können, und es würde durch Subtraction der ihm angehörigen Stoffe von den entsprechenden im gesammten Blutkuchen gefundenen die Zusammensetzung der Blutkörperchen zu berechnen sein.

Diese Methode verlangt, was besonders zu betonen ist, dass die Scheidung von Plasma und dem gefärbten Blutantheil vorgenommen wird, bevor die Gerinnung eintrat; denn ohne diess würde man das wahre Verhältniss zwischen Plasma und Faserstoff nicht finden, weil nach Ausscheidung des letztern augenblicklich das diffusive Gleichgewicht zwischen den rothen Scheiben und der umgebenden Flüssigkeit gestört sein würde. — F. Hoppe fordert auch, und zwar mit Recht, eine noch viel genauere Bestimmung des Faserstoffs als die bisher gebräuchliche, bei der man weder die geformten Einschlüsse in das Gerinnsel, noch auch dieses selbst ohne Zersetzung auswaschen kann. Würde das Verfahren zu einem wirklich strengen erhoben, so müsste es als ein grosser Fortschritt begrüsst werden. Diese Hoffnung steigt um so mehr, als Brücke uns das Blut sehr langsam gerinnen lehrte. — Alle andern Methoden, welche zur Sonderung der Blutkörperchen vorgeschlagen sind, beruhen entweder auf unrichtigen Voraussetzungen oder die an und für sich richtigen Vorschläge sind unausführbar. Sie sind der Reihe nach aufgezählt:

1. Filtration. Versetzt man ein von Faserstoff befreites Blut mit seinem mehrfachen Volum einer concentrirten Glaubersalzlösung, und leitet durch dasselbe, nachdem es auf ein Papierfilter gebracht worden, Sauerstoffgas, so wird nicht allein die Mehrzahl der Körperchen zurückgehalten, sondern es lässt sich auch durch Glaubersalz der Rückstand so vollkommen auswaschen, dass die Waschflüssigkeit kein ClNa und keine organischen Bestandtheile, namentlich kein Eiweiss mehr enthält. (Berzelius, Dumas*), Lecanu**)). Diesen ausgewaschenen Rückstand haben einzelne Chemiker für reine Blutkörperchen angesehen, eine Meinung, welche sowohl die physikalische Ueberlegung wie auch das optische Verhalten als unrichtig erweist, indem die Körperchen, wie wir schon erfuhren, unter dem Einfluss der Salzlösung verschrumpfen und ihre Form ändern; diese Formänderung, namentlich das Schrumpfen derselben, ist nothwendig, wenn man bedenkt, dass der Inhalt durch die für wässrige Lösungen durchgängige Membran auf diffusivem Wege der Glaubersalzlösung einen Theil seiner Bestandtheile abgeben und dafür andere empfangen muss. Einen weiteren Beweis für diese Behauptung wird man zu liefern im Stande sein, wenn man eine solche mit Glaubersalzlösung gewaschene Blutkörperchenmasse einige Zeit in dieser Lösung aufbewahren und diese letztere auf ihre Bestandtheile untersuchen würde. Diese Einwendungen können natürlich dem Filtrationsverfahren seinen grossen Werth für die qualitative Untersuchung des Blutkörperchens nicht rauben.

2. Man behauptete zu verschiedenen Zeiten (Dumas-Prevost, C. Schmidt***), dass ein oder der andre Stoff nur der Blutflüssigkeit oder dem Serum, nicht aber den

*) Compt. rend. XXII. 900.
**) ibid. XXV. 11.
***) l. c. p. 18.

Körperchen eigen sei. So hielten Dumas und Prevost dafür, die Blutkörperchen seien mit Serum durchtränkte und gefüllte Säcke; indem somit das Eigenthümliche der Blutscheibe nur in ihrer Haut bestehen sollte, sprachen sie ihr allen Wassergehalt ab. Diese Annahme ist aber durch mancherlei Thatsachen, insbesondere durch die Untersuchung der filtrirten Blutkörper widerlegt. — C. Schmidt *) nimmt an, dass das Chlor der Blutscheiben mit Kalium, das des Serums mit Natrium verbunden sei, so dass also dem einen Bestandtheil das Chlorkalium, dem andern das Kochsalz abgehe. Diese Annahme ist aber vollkomen willkürlich, weil selbst nach seinen Beobachtungen neben NaCl und KaCl noch die Anwesenheit von NaO in den Blutscheiben und von KaO in dem Serum feststeht. —

3. Zimmermann und Vierordt haben vorgeschlagen, ein Gemenge von Serum und Scheiben einem Stoff von beliebiger Zusammensetzung beizumischen, für welchen die Blutscheibenhülle undurchdringlich sei und der, obwohl er sich im Wasser löse, weder Wasser, noch irgend einen andern Bestandtheil des Blutscheibeninhaltes an sich ziehe. Gäbe es einen solchen Körper, so würde die Aufgabe gelöst sein: den Gehalt einer beliebigen Blutmenge au Serum und Scheiben und daraus die Zusammensetzung der letztern zu bestimmen. Denn man hätte zu einem bekannten Gewicht Blut eine gewogene Menge des fraglichen Stoffs zu setzen, aus diesem Blut Serum zu gewinnen und den prozentischen Gehalt desselben an dem zugesetzten Stoff zu ermitteln; offenbar würde dann aus der eingetretenen Verdünnung die Masse des anwesenden Serums gefolgert werden können. Dieser einfache Vorschlag scheitert aber daran, dass es schwerlich einen Stoff von den verlangten Eigenschaften giebt; nach den bis dahin vorliegenden Thatsachen über Diffusion, würde nur der Zusatz die verlangten Eigenschaften besitzen, dessen Zusammensetzung mit der des Serums zusammenfielen, mit andern Worten: ein solcher, der sich schon diffusiv mit dem Inhalt der Blutkörperchen ausgeglichen. Dieser Zusatz würde uns aber nichts helfen, denn damit würde die prozentische Zusammensetzung des Serums nicht umgeändert und auf dieser Umwandlung beruht die Brauchbarkeit des Verfahrens.

4. Man hat auch den Versuch gemacht, das Volum der Blutkörperchen oder des Serums zu bestimmen, entweder, indem man die Blutkörperchen eines bekannten Volums Blut zählte und die Zahl mit dem Volum eines Blutkörperchens multiplizirte, dessen Durchmesser man unter dem Mikroskop bestimmt hatte, oder indem man Scheiben aus dem Blutkuchen schnitt und die Zwischenräume zwischen den einzelnen Blutkörperchen zu messen suchte u. s. w. Man kann kaum der Meinung sein, dass es mit diesem Vorhaben Ernst gewesen sei.

Von quantitativen Bestimmungen liegt nur die des Wassergehalts der Blutkörperchen vor. Er betrug im Blute eines Pferdes, dessen Serum in 100 Theilen = 90,824 Wasser enthielt = 56,5 pCt. (F. Hoppe) **).

An andern bis dahin nur qualitativ bestimmten Stoffen sind die Blutscheiben eigen:

---

*) l. c. p. 18.

**) Hoppe rechnet nach seinen Beobachtungszahlen 62,98 pCt. Wasser aus, wozu sie aber nicht führen.

Eiweissstoffe*) und zwar als Hülle der Blutkörperchen in fester und im Inhalt derselben in flüssiger Form (Globulin). Die chemischen Eigenschaften und die Zusammensetzung lässt sich nicht angeben, da keiner von beiden rein genug dargestellt ist.

Haematin. Der rothe Stoff, gewonnen nach dem Verfahren von Lecanu, Gmelin und Wittich**) scheint weder rein noch unverändert zu sein, doch steht er den unveränderten mindestens sehr nahe, denn er kann wie der Blutfarbstoff den dichroitischen Zustand annehmen, d. h. er erscheint bei auffallendem Lichte roth und bei durchfallendem grün, wenn seine ammoniakalische Alkohollösung mit viel Wasser, oder mit Kali, Natron, $NaoCO_2$, $KOCO_2$, Amo. CO_2 oder CO_2 versetzt wird (Brücke)***). Ausserdem theilt er mit dem frischen Blutfarbstoff die Eigenschaft, die Guajactinktur blau zu färben, wenn er ihr gemeinsam mit altem Terpenthinöl oder Wasserstoffsuperoxyd zugesetzt wird. Dieses Verhalten stellt ihn in die Reihe der Körper, welche den gewöhnlichen Sauerstoff in Ozon umwandeln (His ****), Schönbein).

Haematin und Globulin im Gemenge (Haemin und Haematocrystallin) sind neuerdings vielfach auf ihre Krystallisationserscheinungen untersucht worden von Kunde, Funke, Lehmann †), Teichmann ††), Meckel †††). Diese ungemein interessanten Thatsachen sind leider noch von keiner tüchtigen chemischen Hand benutzt worden, um uns Aufklärung über die chemische Natur der genannten Stoffe zu verschaffen. — Wesentliche Fehler in den Resultaten der Lecanu'schen ††††) Untersuchung über die Eigenschaften desselben Gemenges weist Wittich nach; dem entsprechend verlieren auch die Dumas'schen Elementaranalysen der filtrirten und getrockneten Körperchen ihren letzten Werth.

Ein phosphorhaltiges Fett; der ätherische fettartige Auszug der mit Glaubersalz filtrirten Scheiben hinterlässt 22 pCt. einer sauren phosphorsauren Kalkasche.

Die Asche der Blutkörperchen ist reicher an Eisenoxyd und phosphorsauren Alkalien und reicher an Kali (H. Nasse §), Schmidt §§), Weber §§§) und die Summe der Kalien und Erden

*) Donders und Moleschott in den holländischen Beiträgen p. 40 und ebendaselbst p. 360. — Lehmann, physiolog. Chemie. II. Bd. 165.

**) Journ. f. prakt. Chemie. 61. Bd. 11. — Pharmaz. Centralbl. 1854. Nr. 22.

***) Sitzungsbericht der Wiener Akademie. XI. Bd. 1070. Pharmaz. Centralbl. 1854. Nr. 14.

****) Virchows Archiv X. Bd. 499.

†) Leipziger akadem. Berichte. 1852 p. 23 und 28. 1853 p. 111. Ausgezogen im Journal für prakt. Chemie. —

††) Zeitschrift, Henle und Pfeuffer N. F. III. 375.

†††) Ueber Haematoglobulin, Deutsche Klinik 1852.

††††) Pharmaz. Centralbl. 1852. 708.

§) Wagners Handwörterbuch. I. Bd. 177 u. 180.

§§) l. c. p. 30.

§§§) Pogg. Annal. 81. Bd. 91.

ist in gleichen Gewichtstheilen Blutkörperchen geringer als in dem Serum. —

Die Blutkörperchen enthalten endlich auch auf mechanischem Wege abscheidbare Gase, insbesondere Sauerstoffgas, da die Volumeinheit eines Gemenges von Körperchen und Serum mehr Sauerstoff zu absorbiren vermag als die des Serums. (J. Davy, H. Nasse*). Da die Volumeinheit des Gesammtbluts noch weniger CO_2 aufnimmt als die des Serums, so beweist diess, dass die Körperchen wenig oder gar keine CO_2 aufsaugen. Leitet man Sauerstoffgas durch Blut, so nimmt es eine hellrothe Farbe an; fügt man während, die Einleitung von O fortdauert, dem Blute Rohrzucker, Weinstein oder essigsäurefreien Alkohol, oder ameisensäurefreien Methylalkohol oder ölsaures Natron oder kohlensaures Ammoniak zu, so findet man nach 21 bis 22 Stunden den Rohrzucker und Weinstein gar nicht die Oelseife nur theilweise wieder, statt des Alkohols und Essigsäure und statt des Methyls Ameisensäure und statt des Ammoniaks Salpetersäure. Trägt man unter gleichen Bedingungen die oben erwähnten Stoffe in das Serum ein, so findet man sie unverändert (Ketzinsky**). Hieran schliesst sich die Betrachtung von Schönbein***), dass eine mit Terpenthinöl oder Wasserstoffsuperoxyd vermengte Guajactinktur durch einen Zusatz von Blut, nicht aber durch Serum blau gefärbt wird. Diese Eigenschaft ist vom Eisengehalt der Körperchen abhängig, da weder Fäulniss noch Siedehitze, wohl aber Entziehung des Eisens die Erscheinung aufhebt. — Nach Lothar Meyer †) kann der in das Blut aufgenommene Sauerstoff durch Kochen leicht wieder aus ihm entfernt werden; setzt man aber dem Blut bis zum schwachen Ansäuren Weinsteinsäure zu, so wird der Ostoff zum grössten Theil so fest gebunden, dass er nicht wieder ausgetrieben werden kann. — Endlich beobachtete Harlay ††) dass, wenn man mit geschlagenem Blut atmosphärische Luft 24 Stunden hindurch in Berührung lässt, dieses Ostoff bindet und CO_2 in mehr als doppelt so grosser Quantität ausgiebt, als das Serum unter gleichen Umständen. Alle diese Thatsachen zeigen, dass die Blutkörperchen nicht allein eine ausgesprochene Verwandschaft zum Sauerstoff besitzen, son-

*) l. c. 177.

**) Scherer's Jahresbericht für physiolog. Chemie für 1854. p. 104.

***) Münchner akademische Denkschriften und Schriften der naturforschenden Gesellschaft in Basel 1858. II. 9.

†) Henle's und Pfeuffer's Zeitschrift. N. F. VIII. Bd.

††) Scherer, Jahresbericht für physiolog. Chemie für 1856 p. 157.

dern noch mehr, dass sie dieses Element auch befähigen, chemische Verbindungen einzugehen, die ohne ihre Vermittelung nicht zu Stande gekommen wären.

Schüttelt man das Blut einige Minuten lang mit CO_2, so nimmt es eine dunkle Farbe an, und wird dichroitisch. Diese Doppelfarbigkeit kann ihm durch Berührung mit Ogas wieder entzogen werden (Brücke). Schüttelt man das stark mit Wasser verdünnte Blut dagegen 10—15 Minuten lang mit CO_2, so wird das Blut braun und die rothe Färbung kann ihm durch Zufuhr von Sauerstoffgas nicht wieder gegeben werden (Heidenhain)*).

Kohlenoxyd treibt das mit den Körperchen verbundene Ogas aus und färbt dieselben kirschroth, diese Färbung kann durch O, CO_2, Kochen und das Vacuum nicht entfernt werden, woraus in Verbindung mit der allbekannten Erfahrung, dass das Athmen dieses Gases zur Erstickung führt, zu schliessen ist, dass die Verbindung des Blutroths mit CO die Aufnahme von O verhindert. (F. Hoppe)**), Cl. Bernard, L. Meyer.)

b—d. Lymphkörperchen, Molekularkörnchen, Faserstoffschollen finden sich neben den farbigen Körperchen im Blut aufgeschwemmt; da weder über die chemische Zusammensetzung und noch weniger über die physiologischen Beziehungen dieser Stoffe etwas bekannt geworden, so unterlassen wir es hier, ihre Form darzustellen, welche ausführlich in den Lehrbüchern der mikroskopischen Anatomie behandelt wird. Diese Gebilde zeigen ***) (Wharton, Jones, Robin, Lebert, Lieberkühn, Ecker, Häckel) sehr langsame Bewegungen, in Folge deren sie aus der Kugel- in die Stern- und noch manche andere Formen übergehen.

Die Zahl der farblosen Körperchen ist viel geringer als die der farbigen; nach den Zählungen von Welker †) sind in 1 Cubikmillimeter Blut zwischen 8000 bis 13000 enthalten, so dass nach zwei vergleichenden Zählungen auf 350 bis 500 rothe 1 farbloses kam. Ueber die wechselnden Mengenverhältnisse der Lymphkörperchen sind die Artikel: Milz, Leberblut, Blut während der Verdauung nach gewissen Nahrungsmitteln, und über die Beziehung zwischen Blut und Lymphkörperchen ist der Abschnitt über Lymphe nachzusehen. —

---

*) Disquisitiones criticae et experimentalea de sanguinis quantitate. Halse 1857. p. 32.

**) Virchows Archiv XI. Bd. 288.

***) Müllers Archiv 1857. 510. Würzburger Verhandlungen Dezember 1856. —

†) l. c. p. 34.

C. Gesammtblut.

1. Eine erschöpfende quantitative Analyse des Gesammtbluts kann erst dann zur Ausführung kommen, wenn es gelungen ist, die Blutkörperchen von der Blutflüssigkeit scharf zu trennen und wenn uns nicht allein alle Blutbestandtheile, sondern auch eine quantitative Bestimmungsmethode jedes einzelnen bekannt ist. In Ermangelung einer solchen begnügt man sich mit der annährend richtigen Bestimmung einzelner Bestandtheile des Bluts, und namentlich ermittelt man den Wassergehalt, die Summe der im kochenden Wasser unlöslichen Bestandtheile (Hüllen der Blutkörperchen, Eiweissstoffe der Körperchen und der Flüssigkeit mit eingeschlossenen Salzen), der in Aether, in kochendem Alkohol und in Wasser löslichen und der unverbrennlichen Bestandtheile, sowie ferner des Wassergehaltes der Blutkörperchen. Obwohl man auf der von Hoppe verfolgten Bahn noch weiter vordringen könnte, so kann doch aus diesen Beobachtungen niemals die ganze Bedeutung des Bluts und seiner Veränderungen gefunden werden. Damit ist nicht ausgeschlossen, dass die gewonnenen Erfahrungen über diesen oder jenen Punkt Aufschluss gewähren.

Unter den Methoden, welche Plasma und Blutkörperchen bestimmen wollen, ist nach Princip und Ausführung zugleich die einzig richtige schon erwähnte, welche Zimmermann vorschlug; allen übrigen gelingt es nur die Bestandtheile im Ganzen zu bestimmen, ohne dass sie auf das Plasma oder die Körperchen bezogen werden könnten. Unter diesen beschränkteren Verfahrungsarten zeichet sich, nach übereinstimmenden Angaben, die von Prevost und Dumas, welche Scherer *) verbessert hat, aus. Letzterer fängt zwei Portionen Blut, jede von ungefähr 60 Gr. gesondert auf. Aus einer derselben gewinnt er Serum und bestimmt in diesem das Wasser, das Eiweiss, die Extrakte und die in Wasser löslichen Bestandtheile der Asche, aus der andern das Wasser, den Faserstoff, das Gemenge der in kochendem Wasser unlöslichen Bestandtheile der Blutkörperchen und des Serums, die Extrakte, das Fett und die in Wasser löslichen Bestandtheile der Asche im Gesammtblut. — Indem er dann der Annahme von Prevost und Dumas folgt, dass die Blutkörperchen aus unlöslichen Stoffen bestehen, welche von Serum durchdrungen in dem Blute schwimmen, berechnet er aus dem bekannten Wassergehalt des gesammten Bluts und des Serums die sogenannten trocknen Blutkörperchen. Obwohl schon dargethan ist, dass diese letztere Berechnung nicht mehr zulässlg ist, so wollen wir doch noch einmal in ganz populärer Form unsern Gegenbeweis wiederholen. Wenn die Flüssigkeit, welche die Blutscheiben durchtränkt, eine andere Zusammensetzung als die des Serums besitzt, so kann aus dem bekannten Wassergehalt des Serums und des Blutes derjenige der Blutkörperchen nicht abgeleitet werden. Offenbar nämlich kann z. B. ein Blut, das in 100 Theilen 20 Theile Rückstand und dessen Serum in 100 Theilen 10 Theile Rückstand lässt, auf millionfache Weise zu-

*) Scherer, patholog. chemische Untersuchungen. Haesers Archiv 1848. — A. Otto Beitrag zu den Analysen des gesunden Bluts. Würzburg 1848. — Gorup-Besanez. Vergleichende Untersuchungen etc. Erlangen 1850.

sammengesetzt gedacht werden und so u. A. einmal in der Art, dass 100 Theile aus 25 Theilen Serum und 75 Theilen Blutkörperchen mit 23,33 pCt. Rückstand oder aus 75 Theilen Serum und 25 Theilen Blutkörperchen mit 54,0 pCt. Rückstand bestehen. In beiden Fällen würde aber das Serum 10 pCt. und das Gesammtblut 20 pCt. Rückstand gegeben haben. — Dieser Einwurf behauptet also, dass innerhalb eines Serums von gleicher Zusammensetzung Blutkörperchen des allerverschiedenartigsten Wassergehaltes schwimmen können. — Dieser Einwurf ist aber nicht im Entferntesten unwahrscheinlich, einmal, weil ein und dasselbe Blutkörperchen von seinem Auftreten in dem Blut bis zu seinem Verschwinden wahrscheinlich mancherlei Umänderungen in seiner Zusammensetzung erfährt und dann, weil selbst unter der Voraussetznng, dass alle gleichzeitig vorhandenen Blutkörperchen mit einer wässrigen Flüssigkeit von derselben Zusammensetzung durchtränkt wären, doch das Verhältniss dieser Flüssigkeit zu den Fetten und der Hülle sehr veränderlich sein kann. Darum gilt auch die Ausflucht nicht, welche man zur Festhaltung der Dumas-Prevost'schen Berechnung benutzt hat, die nämlich: dass wenn das Serum gleich zusammengesetzt wäre, so müsste auch jedes Blutkörperchen gleiche Zusammensetzung tragen und demgemäss könnten, wenn die Rückstandsprozente zweier Blutarten mit gleich zusammengesetztem Serum verschieden ausfallen, die Unterschiede nur bedingt sein durch die ungleiche Zahl der Blutkörperchen. Dies vorausgesetzt, geben die Analysen allerdings keinen Aufschluss über die absolute Quantität dieser letztern, wohl aber über das Verhältniss derselben zwischen den beiden Blutarten, und somit sei die Berechnung auch von relativem Werth. — Diese erst noch zu beweisende Annahme wird aber ganz willkührlich, wenn wie gewöhnlich gar auch noch Blutarten verglichen werden, deren Serum von ungleicher Znsammensetzung ist. In diesem Fall kann unbezweifelbar die Auslegung auf verschiedene Weise geschehen, auf die nämlich, dass bei gleicher Zusammensetzung die Zahl, oder bei gleicher Zahl die Zusammensetzung, oder Zahl und Zusammensetzung der Scheiben in den beiden Blutarten abweiche.

Dem Vorschlag von Vierordt*) folgen wir, da er unausführbar ist, nicht in seinen vielfältigen Verwicklungen, sondern begnügen uns, die theoretische Grundlage desselben an einem Beispiel klar zu machen; der Einfachheit wegen denken wir uns statt des Serums reines Wasser und statt der Blutkörperchen eine mit Wasser gefüllte Seifenblase in ihm schwimmend, von so zarter Constitution, dass sie ohne zu zerreissen nicht aus dem umgebenden Wasser genommen werden könnte. Um zu bestimmen, wie viel Wasser ausser- und innerhalb der Seifenblase gelegen wäre, hatte man nach Vierordt so zu verfahren, dass man einen beliebigen Stoff in dem äussern Wasser auflöste, der die Eigenthümlichkeit besässe, weder durch die Seifenhaut hindurch in das innere Wasser zu dringen, noch auch durch diese Wasser an sich zu ziehen. Gäbe es einen solchen Stoff, so würde dies Verfahren einfach zum Ziele führen; denn hätte man z. B. 1 Gr. des Stoffs in die äussere Flüssigkeit geworfen und nähme man, nachdem dieses Gramm gelöst und gleichmässig vertheilt wäre, einen gewissen Antheil, z. B. 20 Gr. aus der Flüssigkeit heraus und fände bei der Untersuchung derselben 0,25 Gr. des Satzes darin, so müsste die ganze Menge der Flüssigkeit 79 Gr. betragen haben. — Nun ist aber sogleich ersichtlich, dass es aus bekannten Gründen der Diffusion einen solchen Stoff nicht geben kann, vorausgesetzt, dass er nicht mit der umgebenden Flüssigkeit gleich zusammengesetzt wäre. Ein solcher Stoff müsste nämlich die Eigen-

*) Archiv für physiolog. Heilkunde. XI. 24 u. 547.

schaft haben, zu dem Wasser der Blase keine, zu dem der flüssigen Umgebung aber Verwandtschaft zu zeigen.

Wem es anliegt eine vollkommene Einsicht in die Unzugänglichkeit der bis dahin aufgezählten Methoden zu gewinnen, den verweisen wir auf die gediegene Diskussion unseres Gegenstandes, welchen P. du Bois *) vom ganz allgemeinen Standpunkt angestellt hat.

Parchappe **) und Zimmermann ***) versuchen die Blutkörperchen einfach durch Filtration, resp. durch Abtropfen des Blutserums von den Blutkügelchen zu sondern. Natürlich wird Niemand glauben, dass das auf dem Leinwandfilter liegende Blutkörperchen bis zur chem. Reinheit von Serum befreit werde. Die Analyse kann also nur in der Hoffnung unternommen sein, dass bei verschiedenen Blutarten immer ein relativ gleicher Antheil von Serum an dem Kuchen zurückbleibe. Diese etwas unwahrscheinliche Unterstellung kann nicht bewiesen werden.

Wir fühlen uns ausserdem noch veranlasst zu bemerken, dass auf die Arbeiten von Becquerel und Rodier keine Rücksicht genommen wurde. Den Grund dafür findet man auf Seite 4 ihrer neuen Untersuchung, übersetzt von Eisenmann. Erlangen 1847.

a) Zusammensetzung des Gesammtblutes. Nach F. Hoppe †) enthielt das Blut eines Pferdes in 100 Theilen:

Gesammtblut.		Körperchen.		Plasma.	
Plasma	67,38	Festen Rückstand	43,50	Faserstoff	1,01
Körperchen	32,62	Wasser . . .	56,50	Albumin	7,76
				Fette	0,12
				Extracte	0,40
				lösl. Salze	0,64
				unlösl. Salze	0,17
				Wasser	90,84

Diese Zahlen betrachtet Hoppe selbst nur als Annäherungen an die Wahrheit.

Für das Menschenblut fanden Scherer und Otto folgende Zahlen.

Scherer:

Serum.		Gesammtblut.	
Wasser	91,04	Wasser	78,31
Albumin	7,41	Fibrin	0,23
Extracte	0,59	In kochendem Wasser unlösliche Bestandtheile	20,32
Lösliche Salze . . .	0,87	Extracte	0,51
		Lösliche Salze . . .	0,88
		Fett	0,17

*) Henle und Pfeuffers Zeitschrift. N. Folge IV. Bd.
**) Gazette medicale 1856. p. 273.
***) Die Methode der Blutanalyse. Hamm 1855.
†) Virchows Archiv XII. 485.

Otto:

Serum.	I.	II.	Gesammtblut.	I.	II.
Wasser . . .	90,36	— 91,64	Wasser	80,57	— 80,34
Albumin . .	8,03	— 6,77	Fibrin	0,15	— 0,21
Extracte . .	0,45	— 0,64	In kochendem Wasser unlösl. Bestandtheile	17,83	— 18,01
Lösliche Salze	1,16	— 0,95			
			Extracte	0,54	— 0,67
			Lösliche Salze . .	0,78	— 0,80

Als Mittelzahlen der Wägungen von Scherer und Otto berechnen sich:

Serum.		Gesammtblut.	
Wasser	90,66	Wasser	79,06
Albumin	7,76	Fibrin	0,20
Extracte	0,51	In kochendem Wasser unlösliche Theile	19,44
Lösliche Salze . . .	0,94		
		Extracte	0,48
		Lösliche Salze	0,83

Diese Beobachtungen lassen erkennen, dass das Gesammtblut in 100 Theilen sehr viel mehr feste Bestandtheile enthält, als das Serum, dass diese Vermehrung aber nicht gleichmässig für alle Stoffe gilt, und dass namentlich das Blut relativ weniger lösliche Salze und Extracte enthalte, als das Serum. —

Bei der geringen Ausbeute, die diese Thatsachen für die Physiologen liefern, übergehen wir die ähnlichen Arbeiten von Popp, Andral u. s. w. u. s. w. — Eine Zusammenstellung der älteren Beobachtungen findet sich in Henle's rationeller Pathologie II. Bd. und eine solche der neueren in den Jahresberichten von Scherer für physiolog. Chemie.

b. Die Asche des Gesammtblutes hat Verdeil*) nach einer nicht vollkommen tadelfreien Methode dargestellt und analysirt. 100 Theile Asche bestehen nach ihm aus:

	I.	II.		I.	II.
KO	12,70	11,24	Fe_2O_3	8,06	8,68
Na	24,49	21,87	Cl	37,50	33,70
NaO	2,03	6,27	SO_3	1,70	1,64
MgO	0,99	1,26	PhO_5	9,35	11,10
CaO	1,68	1,85	CO_2	1,43	0,95

*) Liebigs Annalen. 69. Bd. 89.

Die Asche I. war aus dem Blute eines Mannes, die II. aus dem eines Mädchens bereitet.

Verdeil hat, um die Asche darzustellen, das Blut bei nicht zu hoher Temperatur an der Luft verkohlt, die Kohle in der Muffel geglüht und den Rest derselben endlich durch Zufügen von salpetersaurem Ammoniak verbrannt.

c. Die Gasarten des Gesammtblutes. Ausser den ziemlich aphoristischen Angaben*) über den Gehalt und die Beziehung von gasförmigem Sauerstoff, Kohlensäure und Stickstoff zu dem Plasma und den Körperchen haben wir noch sehr gründlichen Aufschluss über das Verhalten dieser Gase zum Gesammtblut von Magnus**) und Lothar Meyer***) erhalten. Ihre Angaben, gleichviel, ob sie sich auf venöses oder arterielles Blut beziehen, sind hier zusammengestellt.

Nach Magnus und Meyer konnte aus 100 Vol. arteriellen Bluts durch Schütteln mit CO_2 oder durch Kochen im luftleeren Raum mit und ohne Zusatz von Weinsäure ausgetrieben werden:

Beobachtungsthiere.		freies Gas.	O.	N.	freie CO_2	gebundene CO_2	CO_2 insgesammt.	ganzes Gas.	Beobachter.
Carotidenblut eines alten Hundes	1	20,88	12,43	2,83	5,62	28,61	34,23	49,49	L. Meyer.
	2	25,50	14,29	5,04	6,17	28,58	34,75	54,08	
Carotidenblut eines jungen Hundes	3	—	(3,79)	(2,94)	—	—	(27,10)	(33,84)	
	4	28,24	18,42	4,55	5,28	20,97	26,25	49,21	
Defibrinirtes Kalbsblut	5	17,04	11,55	4,40	1,09	18,12	19,21	35,16	
	6	—	(5,81)	(4,12)	—	—	(21,56)	(31,94)	
Arterielles Pferdeblut	7	—	10,5 bis 10,2	2,0 bis 3,3	—	—	—	—	Magnus.

Die Gasvolumina sind auf 0° und 0,76 M. Druck berechnet; bei 1, 2, 4, 5 wurde das Blut erst durch mechanische Mittel luftleer gemacht, und dann erst durch Weinsäure von seiner gebundenen CO_2 befreit.

L. Meyer liess das Blut der Hunde aus der A. Carotis direkt in das 10 bis 20 fache Volum luftfreien Wassers fliessen, setzte über die Mischung von Wasser einen luftleeren Raum und erwärmte das Blut gelind, aber bis zum Kochen †) so lange, als bis aus ihm reiner Wasserdampf emporstieg, also bis alle Gase aus ihm verdrängt

*) J. Müller, Lehrbuch der Physiologie. IV. Aufl. I. 248.

**) Poggendorf, Annalen. 40. Bd. p. 588. und 66. Bd. p. 177.

***) Henle's und Pfeuffer's Zeitschrift. N.F.

†) Was bei dem geringen Druck in einer Temperatur unter dem Coagulationsgrad des Eiweisses geschehen kann.

sind; darauf setzte er mit besondern Vorsichtsmassregeln einige grosse Krystalle von Weinsäure zu dem Blut, legte ein neues luftleeres Gefäss vor, und kochte von Neuem. Die erhaltenen Gase werden nach der Methode von Bunsen analysirt. Die genauere Darstellung des Verfahrens ist in der Abhandlung von L. Meyer nachzusehen.

Von den Blutgasen ist der Stickstoff wahrscheinlich nur absorbirt, von der CO_2 und dem O ist dagegen ein Theil absorbirt und ein anderer chemisch gebunden, und zwar ist von der durch Kochen abscheidbaren Kohlensäure der kleinste Theil gebunden, der grössere diffundirt, während es sich umgekehrt mit dem Sauerstoffgas verhält. Den Beweis dafür liefern Absorptionsversuche mit unvermischtem gasfrei gemachtem Blut; die von denselben aufgenommenen Sauerstoff- und Kohlensäuremengen wachsen nämlich mit dem Druck, unter dem die Aufnahme vor sich geht, aber nicht in dem Maass, in welchem der Druck ansteigt, was dem Dalton-Bunsen'schen Gesetz gemäss geschehen müsste, wenn die Gase nur als solche im Blut aufgelöst wären. Bei Absorptionsversuchen unter variablem Druck steigt aber die aufgenommene CO_2 rascher an, als der Sauerstoff, woraus sich auf das angegebene Verhalten schliessen lässt (Magnus). L. Meyer hat in einer eignen Versuchsreihe den Antheil der gebundenen und freien Gase bestimmt.

Machen wir die Unterstellung, dass von der in der gesammten, in der Volumeinheit Blut aufgenommenen Gasmenge (A) ein Theil durch chemische Verwandtschaft gebunden werde, dass ein anderer dagegen diffundirt sei, so wird die Menge des ersten Antheils x, weil sie nur von der chemischen Verwandtschaft bedingt ist, unabhängig von dem Luftdruck sein, unter welchem das Gas absorbirt wurde; die Menge der zweiten wird aber mit dem Druck wachsen; wäre also y der Absorptionscoeffizient des Bluts für das zu betrachtende Gas, so würde die absorbirte Menge yP sein, wenn P den Absorptionsdruck darstellt. Demnach wäre also $A = x + yP$. Führt man bei verändertem Druck mehrere Absorptionsversuche aus, so wird man so viel verschiedene Gleichungen erhalten, als man Beobachtungen anstellt, und daraus x und y mit grosser Genauigkeit berechnen können. Dieses ist von L. Meyer für CO_2 und O geschehen.

Verhalten der CO_2 zum Blut. Die Volumeinheit frischen, unvermischten, von seinen Gasen befreiten Kalbs- oder Rindsblutes nahm in einer Atmosphäre von reiner CO_2 bei einer Temperatur von 11° bis 12° C. und 0,76 M. Druck = 1,783 Vol. CO_2 auf; hiervon waren einfach diffundirt 1,151 Vol. nud gebunden 0,630 Vol. — Merkwürdiger Weise ist der Absorptionscoeffizient des Blutes für CO_2 (1,151) bei 12° ganz derselbe, welchem Bunsen für reines Wasser bei dieser Temperatur gefunden. Es würde nun interessant sein zu wissen, wie sich dieser Coeffizient mit der Temperatur ändert. Diese Frage hat Meyer nicht direkt erledigt.

Wenn das aus der Ader genommene Blut vollkommen mit CO_2 gesättigt wird, so kann der chemisch gebundene Antheil der aufgenommenen CO_2 nicht allein zur Umwandlung des etwa vorhandenen einfach kohlensauren Natrons in doppelt kohlensaures verwendet worden sein. Wahrscheinlich hat sich ein Theil mit dem 2 NaO PhO_5 vereinigt, welches bekanntlich CO_2 chemisch verbinden kann.

Den vorstehenden Satz beweist L. Meyer folgendermassen. Nachdem er Blut in luftleerem Raum von Gase befreit hatte, theilte er dasselbe in zwei Portionen. Aus der ersten trieb er durch Weinsäure die chemisch gebundene CO_2 aus; dieselbe betrug auf 1 Vol. Blut = 0,338 Vol. — Die zweite Portion sättigte er in einer reinen CO_2-Atmosphäre mit diesem Gas und bestimmte dann mittelst des auf der vorigen Seite geschilderten Verfahrens, wieviel von dieser CO_2 chemisch gebunden war; er fand dabei, dass noch 0,630 Vol. CO_2 mit Blut sich verbunden hatte. Wäre nun alle vor der Absorption chemisch gebunden vorhandene CO_2 mit dem Natron zu einfach kohlensaurem Salz vereinigt gewesen, so hätte das Blut nur noch einmal 0,338 Vol. CO_2 binden können; da dasselbe aber in der That viel mehr in chemischen Verband überführte, so folgt daraus die Richtigkeit der obigen Schlussfolge.

So eben wurde vorausgesetzt, dass die gebundene CO_2 im lebenden Blut als NaO CO_2 vorkomme; dieses lässt sich nicht beweisen, wohl aber lässt sich wider alles Erwarten darthun, dass kein NaO $2CO_2$ vorkommt. Wir sagen wider alles Erwarten, weil L. Meyer gezeigt hat, dass eine Lösung von Soda aus einer Atmosphäre, welche mehr als 1 pCt. CO_2 enthält, so lange dieses Gas anzieht, bis die ganze Sodamenge der Lösung in doppelt kohlensaures Salz verwandelt ist. Nun enthält aber die Lungenluft immer mehr als 1 pCt. des genannten Gases, also hätte man allerdings das NaO $2CO_2$ im Blut erwarten sollen. Seine Abwesenheit in demselben geht aber daraus hervor, dass das für sich gekochte frische Blut, nachdem es einmal rasch die vorhin erwähnte CO_2-Menge abgegeben, selbst während darauf folgenden 3stündigen Kochens keine CO_2 mehr fahren lässt. Diese Thatsache ist aber darum mit der Anwesenheit des NaO $2CO_2$ unvereinbar, weil dieses Salz ein Atom CO_2 der Art gebunden hält, dass es zwar durch Kochen von ihm getrennt werden kann, aber nicht durch ein vorübergehendes Aufwallen, sondern erst durch ein längeres Kochen abzuspalten ist.

Verhalten gegen Sauerstoffgas. 1 Volum defibrinirtes gasfreies Kalbsblut nahm aus reinem Sauerstoff bei 21,5° C. = 0,092 bis 0,095 Vol. dieses Gases auf, wenn der Druck des Gases auch zwischen 0,835 und 0,587 M. schwankt. Die aufgenommene Menge war also innerhalb der Fehlergrenzen unabhängig vom Druck. Wenn L. Meyer dennoch aussagt, dass neben dem gebundenen auch noch absorbirtes Sauerstoffgas im Blute vorhanden sei, so geschieht dieses

einmal darum, weil das Wasser des Blutes einen Absorbenten darstellt, und dann auch weil das mit Wasser verdünnte Blut in der That Sauerstoff absorbirt, obwohl es daneben noch immer die Menge von Sauerstoff bindet, die der mit Wasser vermischte Blutantheil für sich allein verschlingen würde. Wie der Sauerstoff im Blute gebunden ist, bleibt unbekannt, man kann sich ebensowohl denken, dass er auf den Oberflächen der Blutkörperchen verdichtet ist, als dass er irgendwie anders aufgehoben wird, etwa wie das Chlor im Wasser, welches nach Roscoe darin ebenfalls theilweise gebunden und theilweise diffundirt ist. — Sehr auffallend ist es, dass ein Zusatz von Weinsäure zum Blut den sonst so locker gebundenen Sauerstoff soweit befestigt, dass er nun zum grössten Theil durch Kochen nicht mehr auszutreiben ist. Siehe die Tafel Seite (26) Beobachtung 3 und 6, in welchen die unter der Rubrik O eingeklammerten Zahlen diejenigen O-Volumina bedeuten, welche nach Zusatz von Weinsäure ausgetrieben werden konnten. Hierbei entsteht aber, wie sich L. Meyer überzeugte, keine CO_2.

Der Absorptionscoëffizient des Stickgases, der am wenigsten genau bestimmbar, beträgt nach L. Meyer etwa 0,02 Vol. für die Volumeinheit Blut.

Ueber den Unterschied im Gasgehalt des venösen und arteriellen Blutes versuchte sich Magnus zu unterrichten durch Analyse eines nur geringen Antheils der ganzen Blutluft. Zu dem Ende fing er Blut über Quecksilber auf, defibrinirte es dort, schraubte eine luftleere Flasche über das Blut und analysirte den in diese Flasche gedrungenen Gasantheil. Indem er vermuthete, dass die Luft in diesem Vacuum ungefähr dieselbe prozentische Zusammensetzung habe, wie die des Bluts, konnte er hoffen, den Unterschied in der prozentischen Zusammensetzung der Venen- und Arteriengase zu finden. Diese Annahme hat sich aber nicht bestätigt; nichts destoweniger dürfte sich die Mittheilung der von Magnus gefundenen Zahlen rechtfertigen, weil sie zeigen, dass die CO_2 weniger fest als der Sauerstoff am Blute hafte. — Die Luftblase aus venösem Blut des Kalbes enthielt in 100 Theilen = 76,7 CO_2; 13,6 O und 9,7 N. — aus arteriellem Blute 72,1 CO_2; 18,8 O; 9,1 N.

Das spezifische Gewicht des Bluts giebt man im Mittel zu 1055 (das des Wassers = 1000) an. — Die Bestimmung dieser Eigenschaft ist bei einem so complizirten Gemenge wie das Blut im Allgemeinen von untergeordnetem Werth, da bei gleichem spez. Gewicht eine bedeutende Variation in der chemischen Zusammensetzung eintreten kann, je nachdem sich spez. leichte und spez. schwere Bestandtheile mit einander ausgleichen; demnach kann ein Ab- oder Zunehmen des Eigengewichtes zahlreiche Auslegungen erfahren.

Der Wärmegrad des Blutes in den Hautvenen schwankt um mehre Grade der hunderttheiligen Scala; der Abschnitt von der

thierischen Wärme wird darauf eingehen, der auch die Wärme der andern Blutarten behandelt. — Die Wärmekapazität des Blutes ist von J. Davy*) nach der Mischungs- und Abkühlungsmethode bestimmt worden und nach der ersteren zu 0,83 und nach der zweiten zu 0,93 gefunden. Die Versuche scheinen aber kaum mit der nöthigen Vorsicht ausgeführt zu sein.

Die chemischen Pathologen beschäftigen sich vielfach noch mit einigen Erscheinungen, z. B. wie fest und wie rasch der Blutkuchen geronnen sei, auf welches Volum er sich zusammenzieht, wie rasch die Blutkörperchen sinken u. s. w. Unzweifelhaft deuten diese Erscheinungen auf besondere Zustände des Bluts; aber es gewähren uns die bis dahin gewonnenen Erfahrungen keine Einsicht in das Innere des Blutes. Henle **) und Lehmann ***) sind hierüber nachzusehen.

Vergleichung anderer Blutarten.

Um festzustellen, ob die Abweichungen, welche das Blut von dem so eben geschilderten, je nach den verschiedenen Gefässen, Altersstufen, Geschlechtern u. s. w. bietet, in Wahrheit abhängig sind von dem Fundort und den andern so eben berührten Verhältnissen, müssten begreiflich entweder alle übrigen Bedingungen, die auf die Blutzusammensetzung Einfluss üben, gleich gemacht werden, oder es müsste das Mittel so zahlreicher Analysen verglichen werden, dass man mit Wahrscheinlichkeit die Annahme machen könnte, es sei die jeder Blutart unwesentliche Eigenthümlichkeit durch gegenseitige Compensation eliminirt worden. Diese Forderungen sind nicht überall erfüllt und es bleibt schon aus diesem Grunde in den folgenden Mittheilungen manches Schwankende. Noch mehr aber aus einem andern. Das Blut ist ein Gemenge aus aufgeschwemmten und flüssigen Theilen die nicht alle in ein und demselben Behälter sorgfältig gemischt werden können, bevor die Probe zur Analyse herausgenommen wird. Also liegt von vorneherein der Verdacht nahe, dass sich die Mischung von Plasma und Scheiben in ein und demselben Gefäss in sehr kurz aufeinander folgenden Zeiten merklich geändert hat. Bedenkt man dazu, dass sich in dem Strom des Blutes der Flüssigkeit ganz andre Widerstände entgegensetzen als den Körperchen, so muss sogar die so eben gemachte Unterstellung eintreten, und es muss sich oft genug ereignen, dass das aus einer beliebigen Arterie ausgegangene und dort gleichmässig gemengte Blutvolum in den Venen ungleichgemischt anlange, indem je nach der Geschwindigkeit des Stroms, aus dem das Blut ge-

*) Schweigger's Journal für Chemie und Phys. XV. 462.

**) Rationelle Pathologie. II. 15.

***) Physiolog. Chem. II. 147.

nommen, dieses bald reicher und bald ärmer an Blutkörperchen, also in der Vene und Arterie constant verschieden sein muss; daraus folgt, dass die zu denselben Zeiten an verschiedenen Orten oder zu verschiedenen Zeiten an demselben Ort aufgefangenen Blutmengen sehr verschieden an Zusammensetzung sind, ohne dass irgend welche chemische Alteration mit dem Plasma oder den Scheiben und Lymphkörperchen vorgegangen ist. Da nun aber die zur Vergleichung benutzten Analysen des Gesammtblutes die Scheiben und Plasma nicht gesondert zerlegt haben, so ist aus der ungleichen procentischen Zusammensetzung des Bluts nicht zu entscheiden, ob ein Unterschied an Faserstoff, Salzen, Fetten, Wasser auf Kosten der veränderten chemischen Constitution eines oder beider Mischtheile oder auf ein anderes Verhältniss zwischen den Gemengtheilen zu schieben sei. Die Erfahrung, dass verschiedene Portionen an ein und demselben Ort unmittelbar hintereinander gelassenen Bluts ungleich zusammengesetzt sind, giebt von Seiten der Erfahrung den vorgebrachten Bedenken Gewicht.

Der den vergleichenden Blutanalysen gemachte Einwand gilt aber nicht mehr den vergleichenden Zerlegungen des Serums; hier lassen sich die etwa vorgefundenen Unterschiede nur auf eine Aenderung der chemischen Constitution beziehen. Dieser Aufschluss ist wichtig, aber er lässt sich, wenn nicht noch andere Hilfsmittel aufklärend eintreten, nicht benutzen, um die Ursache der Veränderung aufzufinden; denn so lange die Menge nnd die Zusammensetzung der Blutkörperchen unbekannt bleibt, kann man jene chemische Umformung ableiten aus dem Eintritt oder Austritt von Flüssigkeit oder aus dem Gefäss oder aber aus einer veränderten Zusammensetzung der Körperchen.

Arterienblut.

Das in den Arterien enthaltene Blut des Menschen kann nur selten gewonnen werden; alle ausführlichen Untersuchungen sind darum am Thiere unternommen worden. Die Vergleichungen beziehen sich auf dieselbe Spezies und womöglich dasselbe oder dieselben Individuen.

Das Blut der Arterien*) ist in 100 Theilen reicher an Fibrin als das Blut der Vena jugularis (Pferd) und Vena renalis (Hund)

*) Nasse, Artikel Blut, Wagners Handwörterbuch. I. Bd. 168. — Lehmann, physiolog. Chemie. II. Bd. 228. — Pharmazeutisches Centralblatt 1856. p. 433. — Wiss, Virchow, Archiv. I. Bd. 256. — Funke, Henles und Pfeuffers Zeitschrift, Neue Folge I. Bd. 172. — Clement compt. rend. XXI. 289.

ärmer dagegen als das Blut der Ven. abdominal. externa, digitalis und cephalica (Pferd). Das venöse Fibrin ist durch seine Löslichkeit in Salpeterlösung vor dem arteriellen ausgezeichnet. Die arterielle Blutflüssigkeit enthält etwas mehr Wasser, Extracte und Salze als die venöse, an Albumin ist es bald weniger und bald ebenso reich.

Diese Angaben stützen sich vorzugsweise auf die Untersuchungen von Nasse, von Lehmann, (das Blut der Verzweigung der A. carotis und der Venae jugularis, cephalica, digitalis, abdominalis externa des Pferdes) und von Wiss (das Blut der A. carotis und Vena renalis vom Hunde). — Die Unterschiede in den einzelnen Bestandtheilen sind wie folgend gefunden worden: 100 Theile des Blutes der Arterien vom Pferde enthalten im Mittel 0,57 pCt., aus der Drosselvene aber 0,49 pCt. Faserstoff (Lehmann), das Blut der Venae abdominalis, cephalica und basilica enthielt im Mittel 0,53 pCt., das der Art. carotis derselben Thiere im Mittel nur 0,35 pCt.; 100 Theile des Bluts vom Hunde, (Carotiden), enthalten 0,20 bis 0,22 pCt. und das der Nierenvene 0,16 Faserstoff (Wiss). Dasselbe bestätigt Nasse aus Untersuchungen am Menschen. — 100 Theile Serum vom Pferdeblut gaben Eiweiss aus der Arterie 9,22 pCt., aus der Vene 11,42 pCt. (Lehmann); in neuern Beobachtungen findet derselbe Blutanalytiker im Serum aus den Venae jugularis, abdominalis, digitalis und cephalica im Mittel 7,02 pCt., in den Carotiden der entsprechenden Thiere im Mittel 7,01 pCt. Die Extrakte finden sich im Mittel im Serum der Venae jugularis, cephalica, digitalis und abdominalis 0,71 pCt., im arteriellen aber 0,91 (Lehmann). — Salze gab das Serum der genannten Venen 0,83, das der Arterien 0,86, Fette, das erstere 0,26, das letztere 0,39 pCt. (Lehmann). — Derselbe Chemiker fand früher im Serum der jugularis 86,82, in dem der Art. temporâlis 89,33 pCt. Wasser; nimmt man das Generalmittel aus seinen neuern Versuchen so stellt es sich für das Serum aller oben aufgezählten Versuche zu 91,428, in dem der Arterien zu 91,205. Es unterscheidet sich also nur der Gehalt um wenige Zehntheile eines Prozentes. Werden nach Lehmann die Verhältnisse verglichen, in welchen Albumin, Salze und Extracte: Serum der Venen (jugularis, abdom. externa, cephalica, digitalis) und Arterien vorkommen, so ergeben sie in 100 Theilen trocknen Rückstands der

	Arterien	Venen
Album.	78,47	82,11
Salze	9,94	9,39
Extr.	11,73	8,89

Der Eiweissgehalt hat sich nach dem Durchgang durch die Capillaren relativ erhöht, der Salzgehalt um ein Geringes, die Extracte um ein Bedeutendes vermehrt. Da auf dem bezeichneten Wege schwerlich Eiweiss in das Serum gekommen ist, so würde diese Zusammenstellung auf einen absoluten Verlust an Extracten hindeuten. Natürlich lässt es diese Zusammenstellung ungewiss, ob nicht auch Eiweiss und Salze aus dem Serum getreten sind.

Das Resultat, welches aus dem Gesammtmittel aller Beobachtungen gezogen ist, stimmt übrigens nicht durchweg mit dem Ergebniss der Einzelbeobachtungen, in dem unter ihnen auch Fälle erscheinen, in welchen die Eiweissprozente des festen Rückstandes aus dem Venenserum niedriger, und die Extractprozente höher sind als im Serum der entsprechenden Arterie.

Die Behauptung, dass die arteriellen und venösen Blutkörperchen sich rücksichtlich ihrer Zusammensetzung von einander unterscheiden, ist nicht erwiesen, da noch niemals ein reines Blutkörperchen untersucht werden konnte.

Angaben über die vergleichende Zusammensetzung des Gesammtblutes giebt Lehmann; wegen des zweifelhaften Werthes solcher Bestimmungen müssen wir den Leser auf die Abhandlung selbst verweisen.

Beispielsweise erwähnen wir, dass der feste Rückstand des Gesammtblutes der Vena abdom. externa im Mittel um 3,6 pCt., der digitalis u. cephal. im Mittel um 7,0 pCt. geringer war als der der A. carotis; die festen Stoffe des Blutes der Vena jugularis waren einmal um 6,0 pCt. niedriger, und ein andermal um 1,4 pCt. höher als in dem Carotidenblut

Die arteriellen Blutkörperchen sind im Gegensatz zu den venösen hellroth und entbehren des Dichroismus. Diese Veränderung ihrer Farbe verdanken sie dem vermehrten Gehalt an Sauerstoff und dem verminderten an CO_2, da man das Blut eben so wohl durch Zusatz von CO_2 als durch Auspumpen des Sauerstoffs dunkel und dichroitisch machen kann. — Wie im ungemischten Blut verhält sich auch das Roth eines stark mit Wasser versetzten Blutes. Bruch*).

Die Volumeinheit des aus der Ven. jugularis genommenen Blutes giebt mit Wasser vermischt eine tiefere rothe Farbe als die Volumeinheit des Carotiden-Blutes mit derselben Wassermenge. Dieser Unterschied besteht auch dann noch, wenn das venöse Blut durch Schütteln vorher hellroth gemacht wurde. Heidenhain**) schliesst daraus auf einen grossen Gehalt des venösen Bluts an Haematin, respective an Blutkörperchen.

Picard fand im arteriellen Blut des Pferdes = 0,029 pCt. Harnstoff, im venösen desselben Thieres 0,035 pCt.

Blut der Milzader***).

Die zahlreichen Untersuchungen über diese Blutgattung sind an dem Inhalt der Milzgefässe eben getödteter Thiere, insbesondere der Pferde angestellt.

Die rothen Scheiben des Milzvenenblutes sind kleiner als die des Milzarterienblutes (Funke), oft nicht mehr rund sondern zackig und oft sehr hellroth bis zum Verschwinden aller Färbung (Gray). Ihr Inhalt krystallisirt vorzugsweise leicht. An farblosen, kugeligen Elementen (Lymphkörperchen, Körnchenzellen) ist das Milzvenenblut sehr reich, namentlich im Verhältniss zu den rothen Zellen.

Hirt zählt im Milzarterienblut auf 1 farbloses 2179 gefärbte, in den Milzvenen aber auf 1 der erstern nur 70 der letztern. In

*) Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie. IV. 373.

**) Disquisitiones criticae u. s. w. Halle 1857.

***) Funke, Henle's und Pfeuffers Zeitschrift. N. F. I. 172. — Beclard, Annales de chim. et phys. 3. sér. XXI. 506. — H. Gray, on the structure and use of the spleen; London 1854. p 139 sq. — Hirt, Müllers Archiv 1856. — Vierordt, Henle's Jahresbericht für 1854 p. 45.

dem aus der Milz gedrückten Blut eines Hingerichteten fand Vierordt gar nur auf 4,9 gefärbte 1 farbloses. — Weiter weist das Mikroskop hier auch dunkelroth bis schwarz gefärbte Pigmentkörperchen nach, die frei und dann entweder einzeln oder zu Klümpchen geballt oder auch in Zellen eingeschlossen vorkommen. Auch erscheinen Epithelialzellen (Faserstoffschollen) in dem Milzvenenblute.

Das Serum des Milzvenenblutes unterscheidet sich in seiner Zusammensetzung den nachstehenden Zahlen gemäss wenig oder gar nicht von den andern Blutarten. Die Beobachtungsthiere sind Pferde:

Arterien.	Wasser.	Eiweiss.	Extracte.	Fette.	Salze.	Beobachter.
Arteria lienalis	91,3	6,7		1, 0	0,8	Funke.
Vena lienalis	91,4	6,1		1, 3	1,0	Funke.
Aorta	90,5	8,3	1,0	0,03	0,8	Gray.
Vena jugularis	90,9	7,7	1,2	0,05	0,7	Gray.
Vena lienalis	90,7	7,9	1,1	0,10	0,7	Gray.

Den einzigen qualitativen Unterschied begründet Gray durch die tiefrothbraune Färbung des eingedampften Serumrückstandes.

Sehr auffallend weicht dagegen das Gesammtblut von dem anderer Gefässe ab. Zuerst durch einen höheren Faserstoffgehalt (Funke, Gray); denn während er in dem Aorten- und Milzarterienblut zwischen 0,17 bis 0,49, in der Vena jugularis zwischen 0,23 bis 0,62 schwankte, bewegte er sich im Blut der Milzvenen zwischen 0,28 bis 1,15 pCt. In ähnlicher Weise wie der Gehalt des Faserstoffs zeigte sich auch der des Wassers höher (Beclard, Gray). Denn während er im Aortenblut zwischen 71,9 bis 83,0 pCt. lag, steigt er in der Vena splenica auf 88,0 pCt. Als Mittel aus zahlreichen Bestimmungen giebt Gray folgende:

	Aorta.	V. jugular.	V. splenica.
Faserstoff	0,22	0,41	0,65
In kochendem Wasser unlöslich	19,9	19,8	15,1
Fette und Extracte	1,0	1,1	1,0
Wasser	78,9	79,3	83,0

Die einfachste Erklärung, welche dieser Thatsache zu Grunde gelegt werden kann, namentlich unter Berücksichtigung der gleichzeitigen Vermehrung des Wassers und des dem Plasma angehörigen Faserstoffs ist die, dass in Folge des im Sterbeakt veränderten Blutstroms die rothen Blutkörperchen in der Milz zurückgehalten werden, während das Plasma und die farblosen Körperchen noch

austreten konnten. Andere Erklärungsweisen dieser jedenfalls beachtenswerthen Thatsachen sind bei der Milz erwähnt.

Eine bestimmte Beziehung zwischen der Zeit, in welcher die Nahrung aufgenommen wurde, und der Zusammensetzung des Bluts ist von Gray nicht aufgefunden worden. Wenn man bis dahin im Extrakt keinen Zucker, Harnstoff, noch Harn- und Gallensäure fand, so wird dieses zum Theil wenigstens mit Wahrscheinlichkeit daher rühren, dass die zur Prüfung angewendeten Blutmengen zu gering waren. Das Beobachtungsergebniss zeigt aber wenigstens, dass jene Stoffe nicht in sehr reichlichem Maasse vertreten sind.

Blut der Pfort- und Leberader*).

An Faserstoff enthält nach Lehmann das Pfortaderblut der Pferde 0,42 bis 0,59 pCt., das der Hunde 0,45 pCt., während das der Lebervene beider Thierspezies ganz frei davon sein soll. — Das Serum beider Blutarten verglichen, ergab für das Pferd:

	Pferd 5 Stunden nach der Fütterung getödtet.		Pferd 10 Stunden nach der Fütterung getödtet.	
	Pfortader.	Leberader.	Pfortader.	Leberader.
Wasser	92,26	89,30	92,17	89,42
Albumin	6,20	7,47	6,01	7,70
Salze	0,78	0,70	0,83	0,88
Extracte und Fette	0,76	2,53	0,98	2,00

Die Zusammensetzung von 100 Theilen festen Serumrückstandes war:

	Pfortader.	Leberader.	Pfortader.	Leberader.
Fett	3,61	2,68	3,76	2,50
Extracte u. lösl. Salze	14,50	25,95	13,50	22,33
Eiweiss	81,96	71,37	82,73	75,12

Für den Hund:

	In 100 Theilen Serum.		In 100 Theil. Serumrückstand.	
	Pfortader.	Leberader.	Pfortader.	Leberader.
Wasser	89,86	87,48	—	—
Albumin	8,29	8,83	81,21	70,52
Salze	0,97	0,87	9,51	6,90
Extracte und Fette	0,92	3,17	9,28	23,54

Die Extracte der Pfortader enthalten, wie Cl. Bernard entdeckte und Lehmann bestätigt, nur sehr wenig oder keinen Zucker, während die der Leberader sehr reich daran sind. So fand Lehmann in 100 Theilen trockenen Rückstandes vom Pfortaderblut der Pferde höchstens 0,01 bis 0,05 pCt. Zucker, während die gleiche

*) Lehmann, Leipziger Berichte; mathemat. physik. Klasse. III. 131. — Pharmazeut. Centralblatt 1856. 433.

Menge trockenen Rückstandes der Leberader 0,63 bis 0,89 pCt. gaben. Bei Hunden fand er nach 48stündigem Hungern im Lebervenen-Blut 0,7 pCt., nach 2tägiger Fleischfütterung 0,8 pCt. und nach 2tägiger Kartoffelkost 0,8 pCt. Zucker. In allen Fällen enthielt die Pfortader nichts oder nur Spuren von diesem Stoffe. Dieser Punkt findet noch einmal eine ausführlichere Berücksichtigung bei der Leber.

Die farbigen Zellen des Lebervenenblutes sind kleiner und mehr kugelig, als die der Pfortader; sie werden vom Wasser weniger leicht ausgedehnt. Neben diesen veränderten farbigen kommen im Leberaderblut sehr viele farblose Zellen vor. Nach Hirt kommen auf ein farbloses Körperchen in der Pfortader 524 farbige, in der Leberader aber 136.

Das Gesammtblut der Thiere, von denen die Serumanalyse mitgetheilt wurde, enthielt in 100 Theilen:

		I.		II.	
		Pfortader.	Leberader.	Pfortader.	Leberader.
Pferd.	Wasser	76,92	68,64	86,23	74,31
Hund.	„	79,24	71,55	13,76	25,69

Der Eisengehalt in 100 Theilen Rückstand des Gesammtbluts schwankte bei Pferden in der Pfortader zwischen 0,213 bis 0,164 pCt., in der Leberader zwischen 0,140 und 0,112. Der Fettgehalt desselben Rückstandes betrug im Mittel aus der Pfortader 3,4 pCt., aus der Leberader 2,1 pCt. Beim Hunde in der Pfortader 5,0 in der Leberader 3,0 pCt.

Das Blut aus der Pfortader wurde schon öfter aus dem Blutstrom, meist aber dem eben getödteten Thier genommen; das der Leberader wurde immer dem todten Thier entzogen, in welchem also die diffusive Ausgleichung zwischen den Flüssigkeiten der Leber und des Blutes weiter als im Leben vorgeschritten sein dürfte. — Namentlich beziehen sich die angegebenen Untersuchungen von Lehmann auf das Blut getödteter Thiere. — Um die Vermischung der Blutarten in den Gefässen während des Auffangens zu hindern, muss man nach Cl. Bernard, vor dem Auslassen des Pfortaderblutes erst ihre in die Leber gehenden Zweige, und vor dem Entleeren der Leberader die Vena cava ober- und unterhalb der Vena hepatica unterbinden. Rein wird dann das Lebervenenblut immer noch nicht sein. —

Blut der Dünndarmader*).

Vergleichende Bestimmungen des Hundebluts aus der Vena jugularis und mesaraica gaben (Wiss):

*) Virchow's Archiv. I. 256.

	Serum.		Gesammtblut.	
	Darmader.	Halsader.	Darmader.	Halsader.
Wasser.	91,65	92,23	78,71	78,79
Rückstand	8,35	7,77	21,28	21,20

Blut der Nierenader.

Der Wasser- und Faserstoffgehalt des Blutes der Nierenader (beim Hunde), verglichen mit dem der Carotis und der Nierenarterie gaben (Wiss):

	Gesammtblut.		Serum.	
	Carotis.	Nierenader.	Carotis.	Nierenader.
Wasser	91,38	91,17	79,15	78,43
Feste Bestandtheile. .	8,62	8,83	20,08	21,57
Faserstoff	—	—	0,25	0,16
	Nierenarterie.	Nierenader.	Nierenarterie.	Nierenader.
Wasser	92,68	92,25	77,97	78,45
Feste Bestandtheile .	7,34	7,75	22,02	21,54
Faserstoff	—	—	0,15	0,15

Picard traf beim Hunde in der Nierenarterie 0,036 und 0,040, in der Nierenvene 0,018 und 0,02 Harnstoff.

Blut der untern Hohlvene.

Nach Lehmann enthalten 100 Theile Serum vom Pferde:

	Wasser.	Albumin.	Salze.	Extracte.
Der Hohlvene . . .	90,56	7,42	0,82	1,16
Der Arterie	90,51	7,17	0,84	1,13

Das Verhalten des Gesammtblutes dieser Vene belegt Lehmann am citirten Orte ebenfalls mit Zahlen.

Die Veränderung der Blutzusammensetzung mit der Nahrung**).

Bei den Worten Vermehrung und Verminderung ist fortlaufend der procentische Werth zu suppliren.

Der Faserstoffgehalt des Hundeblutes nimmt nach Fleischgenuss in den ersten sieben Stunden eher ab als zu (Andral, Nasse). Nach anhaltender Fleischnahrung wird der Faserstoff beträchtlich vermehrt (Lehmann, Nasse), rein vegetabilische

*) Nasse, Ueber den Einfluss der Nahrungsmittel auf das Blut. 1850. Poggiale, compt. rend. XXV. 110. Verdeil, Liebigs Annalen. 69. Bd. p. 89. — Thomson, London medical. Gazette 1845.

vermindert ihn (Lehmann). Hungern soll nach Andral ihn vermehren, nach Nasse vermindern; der letztere Autor leitet den Widerspruch zwischen diesen Beobachtungen aus den häufigen (Faserstoffvermehrung bewirkenden) Aderlässen her, welche Andral an seinen Thieren behufs der Untersuchung ausführte.

Der Serumrückstand (Eiweiss, Salze und Fett) nimmt einige Zeit nach der Anfüllung des Magens mit verdaulichen Stoffen zu. Nach anhaltender vegetabilischer Nahrung und besonders nach Zucker ist er höher, als nach ausschliesslicher Fleischnahrung; durch Hunger vermindert (Nasse).

Nach Fleischnahrung enthält das Serum den aus dem verdünnten Blut durch Essigsäure fällbaren Eiweisstoff in grösserer Menge (Nasse).

Der Fettgehalt des Serums steigert sich vorzugsweise nach dem Genuss von Schweinefett, Knochenmark und Butter; weniger nach Oel, Seife, Talg. — Schliesst man aus der Trübung des Serums durch Fettpartikelchen (Serum-Rahm) auf vermehrten Fettgehalt, so beginnt die Vermehrung des Fettes eine halbe Stunde nach der fettreichen Mahlzeit; nach 12 Stunden ist das Ansehen des Serums wieder zu seiner normalen Beschaffenheit zurückgekehrt. Zusatz von Mineralsäuren und kohlensaurem Natron verspätet, von phosphorsaurem Natron beschleunigt den Eintritt der Serumtrübung nach fettreicher Nahrung. — Das klare Serum kann aber auch fettreich sein; das Fett des trüben ist flüssiger und verseifbarer, als das des klaren Serums.

Nach Genuss von Brod erscheint im Blute Traubenzucker; kurze Zeit nach dem Essen ist Zucker deutlicher nachweisbar, als sonst (Thomson).

Die Zahl der Lymphkörperchen nimmt bei hungernden Fröschen im Verhältniss zu den rothen Blutkörperchen ab (Wagner, Donders und Moleschott); ebenso bei Kaninchen. — Beim Menschen steigert sich die Zahl nach der Mahlzeit und nimmt wenige Stunden nach derselben beträchtlich ab (Harting, Kölliker). Hirt giebt folgende Verhältnisszahlen zwischen weissen und rothen Körperchen, die Zahl der ersteren als Einheit gesetzt:

Früh, nüchtern 10 bis 12 Stunden nach dem Abendessen 716; $^1/_2$ Stunde nach dem Frühstück 347; $2^1/_2$ bis 3 Stunden nach dem Frühstück 1514; 10 Minuten nach dem Mittagessen 1592; $^1/_2$ Stunde nach dem Mittagessen 429; $2^1/_2$ bis 4 Stunden nach dem Mittag-

essen 1481; 1/2 Stunde nach dem Abendessen 544; 2 1/2 bis 3 1/2 Stunde nach dem Abendessen 1227.

Das allgemeine Resultat dieser Zählungen bestätigen Marfels*) und Lorange**).

In der Tabelle von Hirt fällt es auf, dass nach dem Schlafe die Verhältnisszahl eine kleinere ist als vor demselben, daraus würde folgen, dass die Zeit, welche seit der letzten Mahlzeit verstrich, nicht allein über die Verhältnisszahl entscheidet. — Ueber die Veränderung der Verhältnisszahl nach dem Gebrauch von China, Myrrhe, Eisen und Quecksilber siehe die citirten Abhandlungen, über die Veränderungen der absoluten Zahl rother Körperchen Stölzing***).

Der Wassergehalt des Gesammtbluts ist nach Fleischkost geringer, als nach Brod- und Kartoffelnahrung. Im Mittel betrug der Wassergehalt nach Fleischdiät 78,4 pCt. und nach Pflanzenkost 79,2 pCt. — Entziehung jeglicher (fester und flüssiger) Nahrung vermindert in den ersten Tagen den Wassergehalt. Entziehung der festen Nahrung bei Wassergenuss vermehrt in den ersten Tagen den Wassergehalt, später aber vermindert er sich bei dieser Lebensweise ebenfalls (Simon, H. Nasse). — Vermehrung des Wassergenusses bei gleichbleibender Menge fester Nahrungsstoffe ist ohne Einfluss auf den Wassergehalt des Blutes. Durch Vermehrung der festen Nahrungsbestandtheile soll der Wassergehalt des Bluts zu vermindern sein. — In den ersten acht bis neun Stunden nach der Mahlzeit soll der Wassergehalt im Abnehmen und dann wieder im Zunehmen begriffen sein (H. Nasse). Nach Poggiale und Plouvier soll durch reichlichen Kochsalzgenuss der Wassergehalt bei den Wiederkäuern und dem Menschen abnehmen, eine Thatsache welche Nasse für das Hundeblut ungültig fand.

Der Fettgehalt des Gesammtbluts verhielt sich der Nahrung entsprechend folgendermassen beim Hunde: nach 4tägigem Hungern 0,26; nach Brodnahrung 0,31; nach Fleisch 0,38; nach Schmalz und Stärkemehl 0,41 (H. Nasse). Diese Angaben findet Boussingault bei Vögeln nicht bestätigt. — Nach Pflanzenkost ist das Blutfett fester und weisser, als nach Fettnahrung (Nasse).

Das Kochsalz vermehrt sich nach Kochsalzgenuss; dieser Salzüberschuss verschwindet bald wieder (Poggiale, Nasse); die Phosphorsäure ist reichlicher nach Fleischkost, als nach Pflanzennahrung (Verdeil, Nasse); Magnesia und Kalk mehr nach Pflanzen-, als nach Fleischkost. Durch Hunger werden der Kalk

*) Moleschott, Untersuchungen zur Naturlehre I. 61.

**) Virchows Archiv XII. Bd. 117.

***) Valentins Jahresbericht für 1856. p. 102.

und die kohlensauren Alkalien nicht geändert. — Der Salzgehalt im Ganzen ist bei der Fleischnahrung grösser als bei Pflanzennahrung. — Ueber relative Veränderungen des Salzgehaltes in der Asche siehe Verdeil l. c.

Das Blut der nüchteren und einige Stunden vorher gespeisten Menschen ist gleich reich an Harnstoff (Picard).

Die Angaben von H. Nasse beziehen sich sämmtlich auf das Hundeblut; die Vorsichtsmassregeln, die bei den Untersuchungen über die Variation der Blutzusammensetzung mit der Nahrung zu nehmen sind, siehe bei diesem Schriftsteller.

Die Veränderungen, welche das Blut durch einen Aderlass erfährt, sind hier noch namentlich der Untersuchungsmethoden des Bluts wegen zu erwähnen. Das Serum des Bluts in den verschiedenen Partien eines Aderlasses zeigt ungefähr dieselbe Zusammensetzung; um ein geringes mehrt sich sein procentisches Wasser und dafür mindern sich Eiweiss und Extracte (Lehmann). — Im Gesammtblut soll der Wasser- und Faserstoffgehalt des Bluts vermehrt werden. (Zimmermann, Nasse, Poppe, Lehmann*). — Im Gegensatz hierzu findet Brücke**), dass der Procentgehalt des Bluts an Faserstoff in 4 bis 5 hintereinander aufgefangenen Blutproben eines verblutenden Hundes von 0,224 pCt. bis 0,068 pCt. abnahm. — Die Lymphkörperchen sollen sich im Verhältniss zu den farbigen Körperchen sehr vermehren (Remak) und die Zahl der farbigen absolut abnehmen (Vierordt***). Was mit der Angabe der unveränderten Zusammensetzung des Serums bei steigendem Wassergehalt des Gesammtblutes übereinstimmt.

Blut verschiedener Geschlechter und Lebensalter.

Das Blut im kindlichen Alter soll am reichsten, das im höhern Alter am ärmsten an festen Bestandtheilen sein.

Das Blut der Frauen fand man im Allgemeinen reicher an Wasser und Fett und ärmer an löslichen Salzen, als das der Männer.

In der Schwangerschaft soll das Blut faserstoff- und wasserreicher, dagegen eiweissärmer als gewöhnlich sein.

Blutmenge†).

Die Blutmenge des Menschen wird sich im Allgemeinen mit dem Gewicht des letztern verändern; fraglich bleibt es aber, ob selbst innerhalb der Grenzen der Gesundheit die Verhältnisszahl zwischen Blut- und Körpergewicht eine constante bleibt, da offenbar die verschiedenen Organe des Menschen sich einer sehr ungleichen Blutfülle erfreuen und die verschiedenen Individuen sich von ein-

*) Pharmazeut. Centralblatt 1856. 444.

**) Virchows Archiv XII. 179.

***) Archiv f. physiol. Heilkunde. XIII. 259.

†) Welker, Prager Vierteljahrschrift 1854. 4. Bd. — Derselbe, Henle's u. Pfeuffer's Zeitschr. 3. R. IV. Bd. 145. — Heidenhain, Disquisitiones criticae de sanguinis quantitate 1857. — Valentin, Physiologie. 2. Aufl. I. 494. — Veit, Observationum de sanguinis quantitate recensio 1848.

ander abheben durch ein ungleiches Verhältniss der einzelnen Organe zu einander.

Nach den vorliegenden Beobachtungen am erwachsenen Menschen selbst enthalten 100 Gr. desselben 12,5 Gr. (Ed. Weber und Lehmann) bis 7,7 Gr. (Bischoff), der Neugebornen aber 5,2 Gr. (Welker) Blut. — Nach ausgiebigeren Bestimmungen von Säugethieren enthielten 100 Theile der folgenden Thiere die beigeschriebenen Blutmengen. Maus 7,2—8,0 (Welker); Kaninchen 6,08—4,81, im Mittel 5,5; ein schwangeres Thier ohne Junge 6,7 (Heidenhain); die junge Katze 6,2 (Welker); Hund 6,6 bis 8,1, im Mittel 7,4 (Heidenhain). Bei Hunden, welche durch anhaltende Nahrungsentziehung 20 bis 30 pCt. von ihrem ursprünglichen Gewicht eingebüsst hatten, blieb die Verhältnisszahl zwischen Blut und Gesammtkörper dieselbe, nämlich 8,1 bis 7,8 (Heidenhain). Wesentlich abweichende Zahlen giebt Valentin, indem er den 100 Theilen Hund 20 bis 25 Theile Blut zuschreibt.

Zur Bestimmung der Blutmenge giebt es drei Methoden: 1) Verfahren von Welker mit Verbesserungen von Heidenhain. Sie benutzt die Färbekraft des Bluts, d. h. den Farbenton, den eine bestimmte Menge von Blut einer bestimmten Menge von Wasser ertheilen kann. Sind zwei verschiedene Blutvolumina a u. u. a′ desselben Individuums mit bekannten Wassermengen b u. b′ so gemischt, dass beide Mischungen denselben Farbenton geben, so werden sich vorausgesetzt, dass die Färbekraft der beiden Blutproben dieselbe war, in beiden Mischungen gleiche Verhältnisse zwischen Blut und Wasser finden, also $\frac{a}{b} = \frac{a'}{b'}$ sein. Sind drei Werthe dieser Gleichung bekannt, z. B. a, b u. b′, so wird $a' = \frac{a}{b} b'$ sein. In der Ausführung wird sich also die Welker'sche Blutbestimmung so gestalten, dass man ein gegebenes Gewicht reinen Bluts mit einer gegebenen Wassermenge vermischt, dann den gesammten Blutfarbstoff des Individuums (durch Verbluten, Ausspritzen und Auspressen desselben) sich verschafft, und diesen so lange mit Wasser verdünnt, bis sein Farbenton der zuerst bereiteten Blutmischung gleich ist. Die Sicherheit, welche dieses Verfahren bietet, wird abhängig sein: a⁰ von der Genauigkeit, mit welcher die Messungen der Volumina anzustellen sind; diese können durch Anwendung genau graduirter Maassgefässe, respektive einer guten Waage die Grenzen wissenschaftlicher Genauigkeit überhaupt erreichen; b⁰ von der Befähigung des Auges, den Farbenunterschied aufzudecken; diese ist zwar eine sehr grosse, aber nach Heidenhain selbst nach erlangter Uebung unter Anwendung möglichst günstig ausgewählter Bedingungen (nämlich im Verhältniss des Bluts zum Wasser = 1:500 und 1:1000; eine Dicke der 7,5 CM. Lösungsschicht; eine Vergleichung der Farben, während die mit den Blutlösungen gefüllten Flaschen vor eine weisse Fläche gehalten werden) eine beschränkte. Unter diesen Voraussetzungen konnte sich der Fehler belaufen nuf 2,5 bis 4 pCt., d. h. es wurde eine Lösung, welche auf 100,000 Wasser 100 Theile Blut enthielt, gleichgefärbt erachtet mit einer solchen von 102,5, resp. 104,0 Theilen Blut. c⁰. Es fragt sich, ob die beiden verglichenen Blutproben gleiche Färbekraft besitzen. Dieses würde unzwei-

felhaft der Fall sein, wenn man das ganze Blut des Thieres, vor der Vermischung mit Wasser gleichmässig mengen könnte, so dass überall das Verhältniss zwischen Plasma und Körperchen dasselbe wäre. Statt dessen muss man sich begnügen, aus einem oder dem andern Gefäss eine Blutprobe zur Vergleichung mit dem ausgewaschenen Blut zu nehmen. Hier erscheint es nun bekannte Thatsache und einer eigends ausgeführten Bestimmung von Heidenhain gegenüber nicht gleichgültig, ob man das Blut aus der Vena jugularis oder aus der Arteria carotis wählte; das letztere besass weniger färbende Kraft als das erstere. Da nun jedes Gefäss Blut von spezif. Färbekraft besitzen wird, so würde zu verlangen sein eine Kenntniss der Färbekraft aller einzelnen Blutarten, namentlich der Venen (Vena hepatica, lienalis, renalis u. s. w.) und zugleich der Blutmengen in den einzelnen Gefässabschnitten. Statt dessen begnügte sich Heidenhain mit dem Mittel aus dem Färbungsvermögen des Venen- und Arterienbluts am Halse, zur Vergleichung mit dem des entleerten Blutes. Durch dieses Verfahren ist der Fehler vermindert, aber nicht aufgehoben, namentlich weil das venöse Blut viel reichlicher vorhanden ist als das arterielle. Heidenhain, der mit Sorgfalt diese Fehler in Betracht zieht, giebt an, dass er die Blutmenge des Thieres, wenn er sie auf Grundlage der arteriellen Probe bestimmte, bis zu 13 pCt. höher fand, als wenn dieses mittelst der venösen geschah. — d^0 Das Blut muss immer möglichst auf das gleiche Roth zurückgebracht werden, durch Schütteln mit Luft. — e^0 Das zum Mischen angewendete Wasser muss immer gleiche Eigenschaften besitzen, also destillirtes sein. — f^0 Die Blutproben müssen wegen der raschen Veränderung ihres Farbstoffs, die um so eher eintritt, wenn das Blut schon mit Wasser verdünnt war, möglichst bald nach der Entleerung aus den Gefässen verglichen werden. — g^0 Zur Erschöpfung des Leichnams von Blutfarbstoff lässt man das Thier erst wie gewöhnlich verbluten, dann spritzt man rasch, und zwar möglichst vor der Blutgerinnung, die Gefässe mit Wasser durch, und nun erst zerkleinert man das Thier und laugt es in der Presse mit Wasser aus. Die durchgespritzten und ausgepressten Flüssigkeiten werden filtrirt. Dieser Theil des Verfahrens würde die Angaben über Blutmenge eher zu gross als zu gering machen, da dabei ein Verlust an Blutfarbstoff kaum zu fürchten ist, während andere thierische Farbstoffe sicher in die Lösung übergehen. Die Umständlichkeit dieser Operation erschwert die Anwendung auf grosse Individuen, so dass nur Welker und Bischoff die Beobachtungen auf den Menschen ausdehnen konnten. — Aus diesen Bemerkungen wäre zu schliessen, dass sich allerdings Welkers Methode um eine noch nicht genau angebbare Zahl von Prozenten irren könne, dass sie aber dennoch eine grössere Genauigkeit gibt, als die andern bis dahin angewendeten.

2) Valentin geht bei der Blutbestimmung von folgender Betrachtung aus: Gesetzt, es sei X die Menge des Rückstandes, welchen das gesammte eingetrocknete Blut eines Thieres hinterlassen würde, und Y das Wasser dieses Bluts, so würde $Y + X$ die Blutmasse dieses Thieres darstellen. 100 Theile dieses Bluts würden eingetrocknet hinterlassen $R = \frac{100\ X}{X + Y}$ (1). Fügt man nun zu der Blutmasse $X + Y$ ein bekanntes Gewicht destillirten Wassers a, so wird die in den Blutgefässen vorhandene Flüssigkeit jetzt $= X + Y + a$. u. $R' = \frac{100\ X}{X + Y + a}$ (2).

Wir hätten somit $X = \frac{a\ R\ R'}{(R - R')\ 100}$ und $Y = \frac{(100 - R)}{(R - R')}\frac{R'a}{100}$, zwei Gleichungen, welche zu lösen sind, wenn R und R' bekannt geworden; um sie bekannt zu

machen, entzieht man einem Thiere eine kleine Blutmenge, injizirt darauf in die geöffnete Vene ein bekanntes Gewicht destillirten Wassers und entzieht nach einiger Zeit abermals Blut. Dann bestimmt man durch Eintrocknen den Gehalt beider Blutarten an festen Bestandtheilen. — Valentin und Veit *) führten eine Reihe solcher Untersuchungen an Hunden, Katzen, Schafen, Ziegen und Kaninchen aus. Da sich die Blutmengen der Hunde ziemlich übereinstimmend zu $^1/_4$ bis $^1/_5$ des Körpergewichts berechneten, so hielt man das Resultat für ein richtiges. Statt dessen könnte man aber sagen, die Fehler der Methode sind constant, ohne dass man über ihre Grösse Etwas auszusagen im Stande wäre. — Die Fehler, welche man ihr vorwirft, sind folgende: Einmal glaubt man, dass das blutverdünnende Wasser in den Gefässen nicht zurückgehalten werde, sondern durch die Nieren, Speicheldrüsen, serösen Häute u. s. w. austrete. Dieser Vorwurf ist nicht so gegründet, wie er auf den ersten Blick erscheint; mindestens geht in der ersten halben Stunde nach der Wassereinspritzung keine Steigerung der Conzentration des Blutes vor sich, selbst wenn das Blut bedeutend verdünnt worden war (Veit, Kierulf). — Dann kann sich das verdünnte Blut durch Diffusion in das Gleichgewicht setzen mit der Umgebung, also wird es auch feste Stoffe aufnehmen (Donders). — Wichtiger erscheint der Einwand, dass die Mischung von Blut und Wasser nicht gleichmässig sein könne, da das Wasser nicht auf einmal mit dem ganzen Blute durchgeschüttelt werde. — Endlich aber, und dieses dürfte bei Bestimmungen des Wassergehaltes vom Gesammtblut am schwersten in die Wagschale fallen, sind wegen der ungleichen Mischung von Körperchen und Plasma alle Wasserbestimmungen am Gesammtblut illusorisch. Irgend welche Geschwindigkeitsänderung im Strom des Gefässes, aus dem der Aderlass kam, kann hier grössere Abweichungen erzeugen als die Wasserinjection.

3. Ed. Weber liess Verbrecher vor und nach der Enthauptung wägen. Den Unterschied gab das nach der Enthauptung entleerte Blut und zu gleicher Zeit bestimmte er den prozentigen Werth des festen Rückstandes in dem ausgeflossenen Blut. Ausserdem spritzte er so lange in die Arterien des Kopfs und Rumpfs Wasser, als aus den Venen noch eine rothgefärbte Flüssigkeit drang. Diese Flüssigkeit verdampfte er zur Trockne und wog ihren Rückstand. Aus dem Gewicht dieses letztern und dem bekannten Gehalt des Bluts an festen Bestandtheilen konnte berechnet werden, wie viel Blut durch das eingespritzte Wasser ausgespült war.

Heidenhain hat später gefunden, dass selbst ein vorsichtiges Ausspritzen namentlich in den Knochen, Nieren, Leber u. s. w. Blut zurücklässt; und ausserdem ist längst bekannt, dass durch Wasserinjection Oedem eintritt, dass also ein Theil, der mit fester Masse geschwängerten Flüssigkeit in die Gefässe tritt. Man hätte also erwarten sollen, dass diese Methode weniger Blut als die Welker'sche haben würde und doch verhält es sich umgekehrt.

Andere Methoden zur Ermittelung des Blutgehaltes sind entweder sichtlich unvollkommen, oder sie führen zu etwas ganz Anderem, als beabsichtigt. — Dahin gehört die Wägung einer erstarrenden Masse, welche in das Gefässsystem eingespritzt ist; man erhält hieraus begreiflich nur eine Aussage über die Räumlichkeit der Gefässe bei einer bestimmten Spannung der Wände.

---

*) Observationum de sanguinis quantitate recensio. Halle 1848.

Blutbewegung.

Einleitung *).

1. Physikalischer Begriff des Wassers. Die Beobachtung lehrt: dass, wenn wir eine Wassermasse zusammendrücken das Volum desselben sich mindert und zwar in dem Maasse, in welchen der Druck steigt. Der relative Werth dieser Volumverminderung $\frac{v^1}{v}$, wo v^1 die Volumverminderung, v das Volum des Wassers vor der Zusammenpressung bedeutet, ist aber ein so geringer, dass man ihn mit einer für das alltägliche Leben genügenden Genauigkeit vernachlässigen, also das Wasser als unzusammendrückbar ansehen kann. Auch nimmt die Flüssigkeit ihr früheres Volum wieder ein, wenn sie dem Druck, der auf ihr lastete, entzogen wird. — Die Erfahrung lehrt ferner, dass der einer ruhenden Wassermasse beigebrachte Drùck, wenn er auch nur einseitig wirkt, sich nach allen Richtungen hin gleichmässig fortpflanzt, so dass, wenn z. B. ein Druck senkrecht auf das Wasser erfolgte, er sich in diesem auch nach der wagrechten Richtung ausbreitet. — Ferner steht es fest, dass die Flüssigkeit durch eine Zunahme ihrer Temperatur sich allseitig gleichmässig ausdehnt und umgekehrt, dass sie bei Abnahme derselben sich allseitig gleichmässig zusammenzieht. — Die verschiedenen Querschnitte einer Wassermasse hängen mit einer beträchtlichen, und dazu mit einer nach allen Richtungen gleichgrossen Kraft zusammen, dabei sind aber die verschiedenen Schichten im Innern der Wassermasse mit Leichtigkeit aneinander verschiebbar. Endlich kann, wie die Lehre von der Lösung und Diffusion zeigt, in dem Raum, der scheinbar schon vollkommen vom Wasser erfüllt war, noch ein anderer flüssiger Körper eingeführt werden, so dass eine solche Lösung angesehen werden muss als eine nach allen Richtungen gleich beschaffene Schichtung von Wasser mit dem aufgelösten Stoff. — Alle Erfahrungen, welche sich auf die allgemeinen physikalischen Eigenschaften des Wassers beziehen, gelten auch für die Lösung nur mit dem Unterschied, dass die Coëffizienten der Verdichtung, der Ausdehnbarkeit, der Temperatur und der Cohäsion andere sind, und dass die Ausgleichung des Druckes im Innern des Flüssigkeitsvolums in einzelnen Lösungen z. B. bei der des Eiweisses, des Zuckers, Gummis u. s. w. nicht momentan erfolgt, sondern dass eine unter Umständen merkliche Zeit dazu gehört, bis diese Lösungen die Form angenommen haben, welche der Bedingung einer allseitigen Druckausgleichung entsprechen. Solche Lösungen nennt man zäh oder dickflüssig.

Diese unbestreitbaren Thatsachen führen ungezwungen zu einer Vorstellung über die mechanische Anordnung des Wassers und der wässerigen Lösungen. Nach ihr besteht das Wasser aus kleinsten Theilchen, welche sich nicht unmittelbar berühren, sondern in einem gewissen Abstand voneinander stehen; der mittlere senkrechte Abstand zweier Nachbartheile ist nach allen Richtungen derselbe, und bei gegebener Temperatur und gegebenem Druck ein fest bestimmter, er mindert sich dagegen mit der abnehmenden Temperatur und dem steigenden Druck, dagegen bleibt der Ort, oder

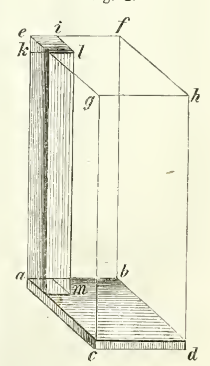
*) Frankenheim, Die Cohäsion. 1835. — Krystallisation und Amorphie. Breslau, ohne Jahrzahl (1851). — Dove, Repertorium. I. Bd. 85. 98. 112 u. f., ibid. VII. Bd. — Berliner Berichte. II. Jahrg. p. 14 u. f. — Poisson, équations générales de l'équilibre et du mouvement etc. Journal de l'école polytechnique. 20. Heft. — Weissbach, Ingenieur und Maschinenmechanik, 3. Aufl. 1856. — Darcy, sur le mouvements des fluides dans tuyaux. Paris 1857. — C Ludwig und Stefan, Wiener akadem. Berichte. April 1858. — Magnus, Poggendorfs Annalen 80. Bd.

anders ausgedrückt die Richtung, in welcher sich ein Theilchen zum andern stellt, unbestimmt, so dass das eine relativ zum andern unzählige Lagen annehmen kann, wenn nur der immer gleiche Abstand zwischen beiden gewahrt wird.

Man verlässt dagegen das Gebiet der Thatsachen und begiebt sich auf das der Hypothese, wenn man bestimmte Vorstellungen über die Bedingungen ausspricht, von welche die allseitige gleiche Elastizität des Wassers abhängig ist. Solcher Hypothesen lassen sich mehrere bilden; wir wählen, als für unsere Zwecke genügend, die von ihnen, welche sich am leichtesten aussprechen lässt, obwohl sie gerade nicht die wahrscheinlichste ist; nach ihr sind die Theilchen mit anziehenden und abstossenden Kräften begabt, welche bei einer bestimmten Entfernung der Theilchen im Gleichgewicht stehen. Aendert sich der Zwischenraum, so kann dieses nur geschehen, indem anziehende oder abstossende Kräfte frei werden.

2. Spannung des Wassers. Ueberlassen wir die Flüssigkeit den Anziehungen und Abstossungen, welche zwischen ihren Theilchen wirken, so ordnet sich dieselbe so an, dass ein Gleichgewichtszustand zwischen jenen Kräften eintritt; vermindern oder vermehren wir den Abstand der Theilchen, den sie in dieser Gleichgewichtslage einnehmen, so werden wir in ihnen das Bestreben hervorrufen, sich wieder bis auf die frühere Lage zu nähern oder zu entfernen; dieses Bestreben nennen wir Spannung. Die Grösse dieser Spannung wächst mit der Entfernung von der Gleichgewichtslage, und es müsste somit die Spannung durch diese Entfernung gemessen werden. Da dieses aus technischen Gründen unthunlich ist, so benützen wir statt dessen das Höhenmaass einer Wassersäule, welche auf die Flüssigkeitsschicht gesetzt werden muss, um dieser letzten die verlangte Zusammenpressung zu ertheilen. Die Berechtigung hierfür erweisst sich folgendermassen: Die zwischen den Theilchen des Wassers entwickelte Kraft kann man natürlich durch jede andre messen, welche derselben das Gleichgewicht hält, also auch durch das Gewicht P, mit welcher man die Flächeneinheit der Wasserschicht belasten muss, damit zwischen den Theilchen die verlangte Spannung geweckt werde. Als Gewicht kann man nun offenbar ein Wasservolum aufgesetzt denken, dessen Basis gleich ist der Flächeneinheit (Q), und dessen Höhe (H) unter Berücksichtigung des spezifischen Gewichts (S) des Wassers so hoch genommen werden muss, dass $P = QHS$ wird. Gesetzt wir hätten dieses gethan, und wir hätten ferner das spezifische Gewicht des Wassers wie gewöhnlich $= 1$ angenommen, so würden wir jetzt auch von dem Faktor Q absehen können, und nur die Höhe des drückenden Wasservolums als Spannungsmaass in Betracht zu ziehen haben. Die Rechtfertigung hierfür liegt in der Eigenschaft des Wassers, den von einer Seite empfangenen Druck allseitig fortzupflanzen. Gesetzt, es laste auf der sehr dünnen Wasserschicht a b c d (Fig. 2.) das Gewicht des prismatischen Wasservolums a b c d e f g h. Ueberlegen wir nun, welche Wirkung ein beliebiges Längenstück dieses Volums, etwa a e i k l m, in der unmittelbar unter ihm liegenden Abtheilung der Wasserschicht erzeugen werde, so finden wir, dass es die dort befindlichen Theilchen einander nähern wird, so lange bis ihre Spannungen jenem Druck das Gleichgewicht halten werden. Die hierdurch erzeugte Spannung theilt sich nun aber sogleich auch allen übrigen in

Fig. 2.

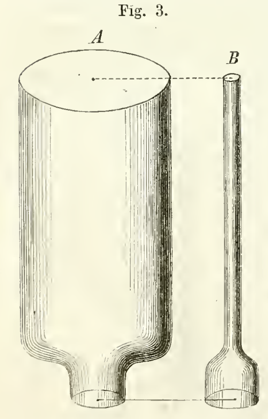


abcd enthaltenen Theilchen mit, gerade so als ob auch noch der Rest des drückenden Prisma's efghabcd gewirkt hätte. Wenn wir sie uns also noch wirksam denken, so wird dadurch keine Spannungsvermehrung eintreten. Nun können wir aber die Grundfläche des wirksam gedachten Prisma aeiklm so klein annehmen, als wir wollen, ohne an dem spannenden Effekt desselben etwas zu ändern, d. h. also, es ist die Spannung des Wassers in der gedrückten Schicht nur abhängig von der Höhe der Säule und dem spezifischen Gewichte ihres Inhalts, dagegen unabhängig vom absoluten Gewichte derselben.

3. Druckmaass der Spannung. Von dem Spannungsmaass des Wassers müssen wir unterscheiden das Druckmaass desselben. Ist eine gespannte Flüssigkeit in einem Behälter mit unnachgiebigen Wänden eingeschlossen, so wird sie vermöge ihrer Elastizität auf die letzteren einen Druck ausüben. Dieser aber wird wachsen mit der Höhe, der die Spannung ausdrückenden Wassersäule H und der Fläche F, welche das Wasser benetzt. Also ist der Druck D = HF d. h. gleich dem Gewicht eines Wasservolums, dessen Grundfläche durch die Ausdehnung der gedrückten Wand und dessen Höhe durch die spannende Säule bestimmt ist. Demnach ist auch der Druck unabhängig von dem Gewicht des Wassers welches in der That auf die Wände geschichtet ist; dieses kann gleich, grösser oder kleiner als das Produkt HF sein.

4. Arbeitsmaass der Spannung. Die Arbeit, welche eine gehobene Wassersäule hervorbringen kann, ist gleich dem Gewicht des gehobenen Wassers (p) multiplizirt mit der Höhe (h^0), auf welche dieses Gewicht gehoben wurde, also = ph oder, da das Gewicht gleich ist der Masse (m) multiplizirt mit der Beschleunigung der Schwere (g) auch = mgh. Die Rechtfertigung für die Einführung dieser Werthe in das Arbeitsmaass ergiebt sich, wenn man bedenkt, dass die Arbeit das Produkt einer constanten Kraft mit dem Weg ist, den ihr Angriffspunkt im Sinne der Kraft während einer beliebigen Zeit zurücklegt. Es kann also von der Arbeit der Spannung nur insofern die Rede sein, als sie sich in Geschwindigkeit umwandelt. Indem sie dieses thut ist aber ersichtlich, dass die Wirkung, die sie dabei ausübt, proportional sein muss der Anzahl von schweren Theilchen, also der Masse (m), dann aber auch die Grösse des Zuges, welchen die Schwere (g) auf jedes einzelne Theilchen ausübt und endlich der Anzahl von Elemementarzügen, resp. der Zeitdauer, während welcher die beschleunigende Kraft wirkte, bevor wir sie in Betracht zogen, also der Höhe (h), aus welcher die Flüssigkeit herabgefallen ist. Dieser Auseinandersetzung entsprechend würde die Flüssigkeit zweier Behälter A und B (Fig. 3.), die wir uns gefüllt denken, zwar an dem Boden gleiche Spannung besitzen, und auf diesen gleichen Druck ausüben, aber dennoch eine ganz verschiedene Arbeit leisten. Denn zur Gleichheit des Druckes und der Spannung ist nur nöthig, dass A und B einen Boden von gleicher Grundfläche und eine Seitenwand von gleicher Höhe darbieten. Daneben kann sie aber, wie die Figuren zeigen, ganz verschiedene Wassermassen beherbergen. Nehmen wir nun an, es werde am Boden beider Behälter eine gleichgrosse Oeffnung angebracht, so werden aus beiden

Fig. 3.



Gefässen die ersten ausfliessenden Tropfen mit gleicher Geschwindigkeit hervorgehen und also auch gleiche Arbeit leisten, aber bald wird die Höhe in beiden Gefässen merklich verschieden sein, weil sich der schmale Hals des Gefässes A rascher entleert als der weite Bauch von B, und nun wird aus dieser letztern mehr und zugleich dieses Mehr mit einer grössern Geschwindigkeit ausfliessen als aus A. Also leistet A von jetzt an mehr Arbeit als B.

5. Beziehung zwischen Spannung und Geschwindigkeit. Eine gedrückte Flüssigkeit kann in Spannung oder in Bewegung kommen; ob das eine oder das andere geschieht, ist nicht vom Druck, sondern davon abhängig, ob die Flüssigkeit dem Druck ausweichen oder nicht ausweichen kann. Findet eine gedrückte Flüssigkeit gar keinen Widerstand, so geräth sie in Bewegung, und zwar in der Art, dass die bisher vorhandene Spannung verschwindet und die ganze drückende Kraft zur Erzeugung von Geschwindigkeit verwendet wird. Die Geschwindigkeit v, welche eine Flüssigkeit unter dem Drucke einer Säule von der Höhe h erlangt, ist bekanntlich $v = \sqrt{2gh}$, wo g wieder die Schwerkraft bedeutet. Diese Beziehung zwischen Druckhöhe, Schwere und Geschwindigkeit ergiebt sich aus den bekannten Fallgesetzen, die ihre Anwendung finden, weil die bewegende Kraft auch hier die Schwere ist, und weil die Höhe, die in dem freien Fall in Betracht kommt, wegen der Zeit, während welcher der Körper herabsinkt, hier bei der unter einem Druck bewegten Flüssigkeit als die Zahl der gleichzeitig von der Schwere angegriffenen Theilchen zu nehmen ist. Im physikalischen Vorgang besteht also der Unterschied, dass schwere Körper beim Fall die Orte successiv erreichen, welche in der drückenden Säule gleichzeitig von schweren Massen erfüllt sind, und dass im fallenden Körper die vorhergegangenen Anziehungen sich als Geschwindigkeiten zu den folgenden addiren, während die in der drückenden Flüssigkeit übereinandergeschichteten schweren Massen der Reihe nach ihre Spannungen zu einander addiren. Bei einer somit gleichhäufigen Wirkung einer gleichstarken Kraft muss ein und dasselbe Endergebniss zum Vorschein kommen.

Bei einer gedrückten Flüssigkeit muss es auch vorkommen können, dass der Widerstand, welcher dem Druck entgegensteht, zwar geringer als dieser, aber doch immer noch merklich vorhanden ist, so dass sich die in Bewegung gesetzte Flüssigkeit selbst noch in einem Spannungszustand befindet. In diesem Fall hat sich also ein Theil, der durch die drückende Säule hervorgebrachten Spannung in Geschwindigkeit umgesetzt, während ein anderer noch der Spannung verblieb. Die ursprüngliche Spannung h ist somit als eine Summe zweier anderer Zustände vorhanden, deren Kräfte im Spannungsmaass, also durch drückende Säulen h' und h'' ausgedrückt werden können. Zwischen den Höhen der ganzen Säule und ihren Antheilen, die als Geschwindigkeit h' und Spannung h'' der geschwinden Masse vorhanden sind, muss natürlich die Beziehung bestehen, dass $h = h' + h''$ ist. Mit andern Worten der zur Geschwindigkeit verbrauchte Kraftantheil der ursprünglichen Spannung (die Geschwindigkeitshöhe) und der noch als Spannung übrig gebliebene (die Widerstandshöhe) sind gleich der ursprünglichen Druckhöhe. Daraus folgt auch, dass $h - h'' = h'$.

6. Arbeitsmaass für die bewegte Masse; lebendige Kraft. Wenn ein Gewicht $p = mg$ unter dem Druck h in Bewegung kommt, so dass die Masse ihre ganze Spannung in Geschwindigkeit v umsetzt, so muss die Arbeit, welche die gespannte Masse ausführen kann, gleich sein der, welche von der bewegten zu verrichten ist. Dieses führt zu dem Ausdruck $mgh = \frac{mv^2}{2}$; diese Gleichung leitet sich

daraus ab, dass $v = \sqrt{2gh}$ also $h = \frac{v^2}{2g}$ ist; setzt man $\frac{v^2}{2g}$ statt das h in mgh, so geht dieses über in $\frac{mgv^2}{2g}$ oder in $\frac{mv^2}{2}$. Also ist in den beiden Gliedern der obigen Gleichung derselbe Kraftwerth durch verschiedene Zeichen, entsprechend den veränderten physikalischen Bedingungen ausgedrückt.

7. Die bewegte Flüssigkeit. Die Bahnen, welche die einzelnen Theilchen einer bewegten Flüssigkeitsmasse beschreiben, sind entweder geradlinig oder krummlinig fortschreitende; im letzten Fall können die Bahnen in sich zurücklaufen; solche Bahnen, die entweder geschlossen oder nahezu geschlossen sind, nennt man Kreis-, Wirbel-, unter Umständen Wellenbahn. —

Die Geschwindigkeit des einzelnen Theilchens kann mit der Zeit und dem Orte der Bahn veränderlich oder nicht veränderlich sein. Ist sie unabhängig von der Zeit, so dass die während der ganzen Stromdauer an ein und demselben Orte befindlichen Theilchen dieselbe Geschwindigkeit haben, so gehört die Bewegung einem Strome an, der in den Beharrungszustand getreten. Dieses kann sich nur dann ereignen, wenn die auf die Bewegung der Theilchen wirkenden Beschleunigungen und Hemmungen gleich gross sind. Denn nähmen mit wachsender Zeit die Beschleunigungen zu, so müsste die Geschwindigkeit der durch den betrachteten Ort gehenden Theilchen steigen, und nähmen umgekehrt die Hemmungen zu, so müsste die Geschwindigkeit mit der Zeit sinken. — Verändert sich dagegen die Geschwindigkeit der Theilchen, die durch ein und denselben Querschnitt des Stromes, oder denselben Stromfaden zu verschiedenen Zeiten gehen und zwar in der Art, dass die Geschwindigkeit nach einer regelmässigen Periode steigt und fällt, so nennt man die Bewegung eine wellenförmige.

Die bewegende Kraft, welche die Masseneinheit der bewegten Flüssigkeit besitzt, kann auf der Bahn gleich bleiben, zu oder abnehmen. Bleibt die bewegende Kraft constant, so kann dennoch die Geschwindigkeit, oder die Spannung in einem Zu- oder Abnehmen begriffen sein. Denn da die ganze bewegende Kraft durch $k = p \left(h + \frac{v^2}{2g}\right)$ gemessen wird, wo p die Gewichtseinheit, h ihre Spannung, g die Schwere, (also $\frac{p}{g}$ die Masse m) und v die Geschwindigkeit bedeutet, so kann die ganze bewegende Kraft der Masseneinheit dieselbe bleiben, selbst wenn z. B. v abnimmt, vorausgesetzt nur dass so viel Kraft, als die Geschwindigkeit verlor, verwendet wurde zur Erhöhung der Spannung. Ein solcher Austausch von Spannung und Geschwindigkeit kann sich sowohl bei constantem als beim wellenförmigen Strom ereignen; bei einer stehenden Welle z. B. in der Art, dass die Summe der bewegenden Kräfte eines jeden in einem bestimmten Bahnschnitte befindlichen Theilchens zu allen Zeiten dieselbe bleibt, so dass, wenn nach einer gewissen Periode die Geschwindigkeit desselben abnimmt, die Spannung nach derselben Periode wächst und umgekehrt. — Bei einem gleichförmigen Strom, dessen Merkmal in einer zu allen Zeiten stets gleichen Geschwindigkeit auf einem gewissen Bahnabschnitt besteht, kann die Bedingung gleicher Kräfte trotz ungleicher Geschwindigkeit nur für jedes Theilchen bestehen, während dasselbe verschiedene Orte der Bahn durchläuft. Betrachten wir z. B. als Masseneinheit einen Cubikmillimeter und denken wir uns, dass dieselbe beim Durchgang durch die Strombahn bald einen Querschnitt von einem und bald von zwei Quadratmillimetern auszufüllen habe, so wird die Geschwindigkeit eines jeden Theilchens in dem Maasse abnehmen, in welcher der Quer-

schnitt der Strombahn zunimmt; dieses aber wegen der Bedingung, dass die Flüssigkeitsmenge, welche in derselben Zeit durch die verschiedenen Querschnitte eines constanten Stromes hindurchgeht dieselbe sein muss; eine Bedingung, welche sich durch die Cohäsion und Unzusammendrückbarkeit des Wassers begründet. Bleiben also der obersten Forderung gemäss die bewegenden Kräfte des Theilchens auf dem Querschnitt von 1 und 2 □ M.M. gleich, so muss in dem Maasse, in welcher die Geschwindigkeitshöhe abnimmt, die Spannung zunehmen.

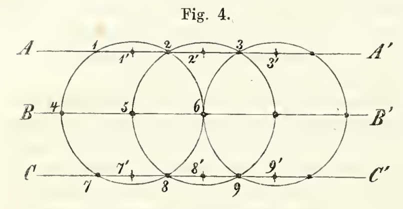
Aus der soeben geführten Erörterung lässt sich für den Fall, wobei die Kräfte auf der Strombahn in Abnahme begriffen sind, ableiten, dass, wenn die Geschwindigkeit auf allen Orten eines Stromfadens dieselbe ist, die Abnahme der Kräfte durch die Abnahme an den Spannungen gemessen wird, so dass, wenn der Spannungsunterschied, der zwischen zwei auf einander folgenden Querschnitten besteht, bekannt ist, dieser den Kraftverlust der Flüssigkeit von einem zum andern Querschnitt ausdrückt. Wäre umgekehrt die Spannung auf allen Orten eines Stromfadens dieselbe, so kann die Abnahme der Kräfte durch den Geschwindigkeitsunterschied zweier auf einander folgenden Querschnitte ausgedrückt werden. — Wenn dagegen Spannung und Geschwindigkeit von Querschnitt zu Querschnitt wechseln, so kann der Kraftunterschied nur dann hervorgehen, wenn man aus den in jedem Querschnitt vorhandenen lebendigen und spannenden Kräften eine Summe bildet und die eine von der andern abzieht. Der Unterschied bildet jetzt den Kraftverlust, welchen der Strom vom einem Querschnitt zum andern erlitten hat.

Zieht man statt der Geschwindigkeit nur eines Theilchens oder der eines sehr feinen Fadens, die eines Stroms von endlicher Ausdehnung in Betracht, auf dem alle Theile gleiche Richtung verfolgen, so findet man für gewöhnlich, dass die Geschwindigkeit an verschiedenen Orten eines Stromquerschnittes, der senkrecht gegen die Stromrichtung geht, ungleich ist. Der Grund für die ungleiche Geschwindigkeit kann entweder darin liegen, dass die Flüssigkeit in die verschiedenen Orte des ersten Stromquerschnitts mit ungleicher Geschwindigkeit einströmte, oder darin, dass sich beim Fortgang des Stroms den verschiedenen Fäden ungleiche Widerstände entgegensetzten, wodurch ungleiche Kraftverluste erzeugt wurden. In solchen Fällen hat es also keinen Sinn mehr, von einer einzigen Geschwindigkeit auf diesem Querschnitt zu sprechen, wenn man damit nicht den besondern Begriff der mittlern Geschwindigkeit verbindet, d. h. derjenigen, welche, wenn sie allen vorhandenen Fäden untergelegt würde, durch den Querschnitt gerade so viel Flüssigkeit fördern würde, als es in der That beim Bestehen der besondern Geschwindigkeit jedes einzelnen Fadens geschieht. Da diese mittlere Geschwindigkeit sehr viel leichter zu messen ist, als die Geschwindigkeit der einzelnen Stromfäden, und ihre Bestimmung zur Lösung vieler hydraulischer Aufgaben genügt, so ist dieser Ausdruck sehr in Gebrauch gekommen.

8. Mittheilung der Bewegung des Stromes über seine Grenzen. a. Geht der Strom in ein gleichartiges Mittel von andern Bewegungszuständen, z. B in eine ruhende Flüssigkeit, so höhlt sich der Strom in dieser, nicht etwa durch Fortschieben der vor ihm liegenden Theile ein Bett aus, dessen Querschnitt mit dem des Stromes übereinkommt, sondern er verändert sein Bett, seine Geschwindigkeit und seine Masse. Die Massenveränderung des Stroms kommt dadurch zu Stande, dass ein Theil des letztern in die ruhende Flüssigkeit und umgekehrt Theile dieser in den Strom dringen (Magnus). Die Nothwendigkeit dieser Erscheinung leitet sich aus der Cohäsion, und der Unzusammendrückbarkeit der Flüssigkeit ab. Aus der Massen zunahme des Stromes folgt dann, dass seine Geschwindigkeit proportional der Ver-

grösserung des Stromquerschnittes abnimmt. — Was nun für den Strom in eine ruhende Flüssigkeit gilt, findet auch seine Anwendung auf zwei sich berührende Stromfäden von gleicher Richtung aber ungleicher Geschwindigkeit.

Fig. 4.



Nehmen wir an, es seien in Fig. 4 *AA' BB' CC'* drei flüssige Fäden, jede enthalte drei Molekeln in dem gegenseitigen Abstand, welchen die gerade vorhandene Spannung verlangt. Denken wir nun, es seien *A* und *C* eine gleiche und *B* eine doppelt so grosse Geschwindigkeit ertheilt, so wird z. B. das Theilchen 5 nach 6' gehen, während im obern Faden 1 und 2 zu 1' und 2', und im untern 7 und 8 zu 7' und 8' gelangen. Damit wird sich aber der Abstand von 6 zu 1' und 7' vergrössert und zu 2' und 8' vermindert haben; träte dieses aber ein, so würde vermöge der allgemeinen Eigenschaften der Flüssigkeit 6 an 1' und 7' ziehen, auf 3 und 9 aber drücken; mit andern Worten, es wird ein Theil der Geschwindigkeit von 6' auf die Nachbarn übergehen. Ueberlegt man sich unter Voraussetzung dieses Annahme den Gang der Flüssigkeit noch weiter, so müsste man erwarten, dass eine ungleiche Geschwindigkeit zweier benachbarter Fäden überhaupt gar nicht bestehen könnte, weil, wenn ein gradliniger Weg aller Schichten verlangt wird, die in ihr enthaltenen Theilchen nur dann bei der Bewegung in gleichem Abstand bleiben, wenn sie alle dieselbe Verschiebung erleiden. Da aber ungleiche Geschwindigkeiten benachbarter Schichten in der That vorkommen, so muss eine der Bedingungen, die wir in unserm Beispiel unterlegt haben, die Gradlinigkeit des Wegs, als unverträglich mit der Unzusammendrückbarkeit der Flüssigkeit für den wirklich vorkommenden Strom keine Geltung haben, dann aber muss das Theilchen eines Fadens bei dem Fortschreiten um die Achse des Fadens hin und her schwingen, wodurch Abweichungen von der geraden Linie des Wegs vorkommen, die allerdings entsprechend dem geringen Abstand der Nachbartheilchen für unsere Beobachtungsmittel unmerklich sind. — Jedenfalls geht aus unsern Betrachtungen hervor, dass durch eine ungleiche Geschwindigkeit benachbarter Fäden eine andere Vertheilung der bisher bestandenen Spannungen und damit eine Uebertragung von Kräften eintreten muss.

Eine andre, mit der eben erörterten innig zusammenhängenden Frage ist die, ob bei dieser Gegenwirkung ungleich geschwinder Stromfäden auf einander bewegende Kraft verloren geht. Wäre die Flüssigkeit vollkommen elastisch und ihre Theilchen vollkommen aneinander verschiebbar, so könnte kein Kraftverlust eintreten, indem dann jedesmal die Einbusse an Kraft, welche das eine Theilchen erleidet, dem andern zu Gute kommt. Da es aber Lösungen, wie z. B. die des Eiweisses, Schleims, Zuckers u. s. w. giebt, welche unzweifelhaft diesen Bedingungen nicht entsprechen, so ist die Möglichkeit eines Kraftverlustes durch die sogenannte innere Reibung nicht zu bestreiten. Die Erfahrung hat ihn jedoch noch zu bestätigen.

b. Bewegt sich die Flüssigkeit gegen einen festen ruhenden Körper, so überträgt sie auf diesen, insofern er der Richtung des Stroms entgegensteht, immer Geschwindigkeit. Diese letzte wird entweder in Spannung der Flüssigkeit oder auch des festen Körpers umgesetzt, welche unter veränderten Umständen der Bewegung der Flüs-

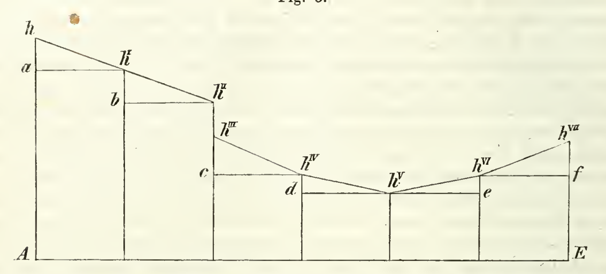
sigkeit wieder zu gute kommen kann. — Dass die verlorne Geschwindigkeitshöhe sich auf die bezeichnete Weise umsetzen kann, ist aus der Elasticität der Flüssigkeit und der Widerstand leistenden Körper begreiflich; daraus folgt auch, dass die herbeigeführte Spannung auf den Strom wieder übertragbar ist. Um der Anschauung zu Hilfe zu kommen, wollen wir uns vorstellen, dass ein Strom in einen schon mit Flüssigkeit erfüllten, aber durch diese nicht ausgedehnten elastischen Beutel geschehe. Der Strom wird in diesen Beutel also nur insofern eindringen können als er ihn ausdehnt und darum nur so lange, bis die Wandspannung desselben den Stromkräften das Gleichgewicht hält. Würde, nachdem dieses geschehn, der einfliessende Strom unterbrochen, so würde nun aus der Oeffnung des elastischen Sackes ein Flüssigkeitsvolum austreten, welches gleich wäre dem Räumlichkeitsunterschied des Beutels bei gespannten und ungespannten Wandungen. Vorausgesetzt, dass die Elasticität des Beutels vollkommen wäre, würde dieses Flüssigkeitsvolum auch den ganzen Werth der Kräfte mitnehmen, den es früher als Strom besass, und dann als Spannung in die elastischen Wände niederlegte. — In Wirklichkeit erleidet aber der Strom beim Anstoss an feste Körper eine wirkliche Einbusse an Kraft, indem sich die Bewegung der wägbaren Masse entweder in Wärme umsetzt, die beim Zusammendrücken der festen und flüssigen Massen entwickelt wird; oder der Kraftverlust geschieht dadurch, dass die auf den festen Körper übertragene Geschwindigkeit diesem verbleibt oder durch ihn hindurch auf andre Massen übergeht. Dieser ganze Verlust oder, wie man gewöhnlich sagt, die äussere Reibung, ist abhängig von der Geschwindigkeit des Stroms, nicht aber von der Spannung desselben, von dem Winkel, unter welchen die Stromrichtung die wiederstehende Fläche trifft, von der Berührungsfläche zwischen Strom und festem Körper, von der Elasticität und Oberflächenbeschaffenheit der letzten (die Benetzbarkeit eingeschlossen), von der Temperatur und chemischen Zusammensetzung der Flüssigkeit.

Die Beziehungen zwischen dem festen Körper und der Flüssigkeit müssen sich aber wesentlich ändern, wenn die bisherigen Annahmen dahin umgestaltet werden, dass der feste Körper sich mit der Flüssigkeit bewegt. Denn dann machen sich ausser den schon aufgezählten Umständen noch die Eigenbewegungen des schwimmenden Körpers geltend. Diese können sich darstellen als Drehungen, die von asymetrischer Vertheilung der Dimensionen um den Schwerpunkt des schwimmenden Körpers, oder von ungleicher Geschwindigkeit der auf seine Oberfläche treffenden Stromfäden bedingt sind, oder als ein Auf- oder Niederstreben des Körpers, bedingt durch ein von der Flüssigkeit abweichendes Eigengewicht.

9. **Constanter Strom in Röhren.** Ausser den schon hervorgehobenen allgemeinen Eigenschaften eines jeden Stromes, kommen bei einem solchen in Röhren noch einige besondere zum Vorschein, die durch die Gestalt und die Oberflächenbeschaffenheit der Wand bedingt sind. — Die Spannung eines jeden in dem cylindrischen Strom enthaltenen Fadens, ändert sich mit der Entfernung des in ihm betrachteten Punktes vom Ursprung des Stroms; je nachdem die Spannung mit dem wachsenden Weg abnimmt, wird der Unterschied der Spannung, zweier auf einander folgender Punkte ein zu oder abnehmender genannt, und zwar ist der Spannungsunterschied nach dem gewöhnlichen Sprachgebrauch abnehmend, wenn die Spannung mit dem wachsenden Weg sich mindert, im umgekehrten Falle ist er zunehmend. Denkt man sich die auf einander folgenden Spannungen eines Stromfadens ausgedrückt durch Flüssigkeitssäulen, und errichtet man dann Fig. 5 auf dem Stromfaden $A\ E$ als Abszisse, die jedem Punkt desselben angehörige Spannung als Ordinate, $h\ h^{I}\ h^{II}\ h^{III}\ \ldots$, so stellt die Verbindungslinie aller obern Endpunkte dieser Ordinaten die Curve der Spannungen dar.

Diese Curve kann entweder eine gerade Linie sein; in diesem Fall bleibt der vorhandene Spannungsunterschied für die Längeneinheit des Stromes also $h\,a$, $h_1 b$ derselbe, oder es kann die Curve eine gebogene Linie sein, wo also der Spannungsunter-

Fig. 5.



schied in zwei auf einander folgenden Längeneinheiten der Strombahn ab oder zunimmt wie bei $h^{II}c$ $h^{IV}d$. Endlich kann die Curve sogenannte ausgezeichnete Punkte besitzen, wo, wie bei h^{II} und h^{III}, der Spannungswerth sich plötzlich ändert; obwohl auch hier zwischen zwei auf einander folgenden Punkten des Stromfadens ein allmähliger Uebergang in der Spannung stattfinden wird, so sieht man doch für gewöhnlich die Spannungsänderung als eine plötzliche an. —

Betrachtet man, statt der mit der Länge veränderlichen Spannung eines Stromfadens, diejenige der vielen Fäden, welche auf einem Querschnitt enthalten sind, der senkrecht gegen die Stromrichtung geführt wurde, so gewahrt man, dass die Spannung auf einer solchen Normalfläche selbst wieder veränderlich ist. So kommt es z. B. vor, dass die der Röhrenachse näher gelegenen Stromfäden mit einer geringern Spannung behaftet sind, als die gegen die Wand hingelegenen. Demnach wird man die Spannungscurve der Normalfläche einzustellen haben, welche man erhält, wenn man sich auf einem beliebigen Radius derselben als Abszisse, alle Spannungen der Stromfäden als Ordinaten aufgerichtet denkt, welche der Radius bei seinem Hingang vom Mittelpunkte nach der Peripherie hin schneidet. Die Spannungsfläche des Normalschnittes wird man aber erhalten, wenn man sich die Spannungscurve desselben um den Mittelpunkt der Röhre im Kreis bewegen lässt. Dieses Verhalten der Spannung auf dem Querschnitt verlangt die Sonderung der Begriffe von Theil- und Gesammtspannung. Unter der ersten versteht man die Spannung eines einzelnen Fadens, der in einem gegebenen gradlinigen Abstand vom Mittelpunkte die Normalfläche schneidet. Bei vollkommener Symmetrie des Stroms werden die auf einer Kreislinie einschneidenden Stromfäden, die mit demselben Radius aus dem Mittelpunkte des Stromquerschnitts beschrieben wurde, unter einander gleich sein. Der Gesammtschnitt kann also in unzählige Kreise gleicher Spannung zerlegt werden. Centralspannung würde die genannt werden, wo der Radius den Werth 0, Wandspannnng die, welche in dem Kreise herrscht, dessen Radius gleich dem des Röhrenlumens wäre. — Die Gesammtspannung oder mittlere Spannung der Normalfläche würde man erhalten, wenn man alle auf der Normalfläche vorhandenen Einzel- oder Theilspannungen addirte und die Summe durch den Flächeninhalt dividirte.

Die Geschwindigkeit eines jeden Stromfadens in seinem Verlauf durch die Röhren ist, alles Uebrige gleich gesetzt, mit dem Flächeninhalt des Querschnitts veränderlich;

bleibt dieser gleich, so verhält sich auch die Geschwindigkeit durch den ganzen Stromfaden hindurch unverändert, wächst aber der Querschnitt, so soll in demselben Maass die Geschwindigkeit abnehmen. Die umgekehrte Behauptung spricht man bei der Verkleinerung des Querschnitts aus.

Die Geschwindigkeit der Fäden, welche gleichzeitig eine beliebige Normalfläche durchsetzen, ist immer ungleich, die Centralfäden sind immer geschwinder als die Wandfäden. Man unterscheidet also auch hier die Theil- und die Gesammtgeschwindigkeit. Unter Gesammt- oder mittlerer Geschwindigkeit würde man aber dem Frühern gemäss die zu verstehen haben, welche, wenn sie allen Fäden des Normalschnitts gleichzeitig mitgetheilt würde, durch diese in der Zeiteinheit gerade soviel Flüssigkeit führte, als durch ihn vermöge der wirklich vorhandenen Theilgeschwindigkeit getrieben wird.

Methoden zur Bestimmung der Spannung und Geschwindigkeit eines Röhrenstroms.

Die Spannung misst man mit dem Druckmesser (Mano- oder Piezometer), d. h. durch Röhren, deren Lumen mit dem der Stromröhre communizirt und die senkrecht gegen die Achse der Stromröhre aufsitzen; ihrer Form nach sind sie entweder gerade oder heberförmig gebogen; gerade, wenn man eine positive Spannung des Stroms durch Ansteigen der in sie eingehenden Flüssigkeit messen will; heberförmige Instrumente aber gebraucht man entweder, wenn man negative Spannung durch gleichartige oder die positive eines Wasserstroms durch eine Quecksilbersäule messen will. Um die Manometeröffnung mit jedem beliebigen Faden des Querschnitts, auf dem er steht, in Berührung bringen zu können, muss der Druckmesser an seiner Durchbruchsstelle durch die Wand der Stromröhre verschiebbar sein.

Zur Auswerthung der Geschwindigkeit wird benutzt 1⁰ das Flüssigkeitsvolum, welches in der Zeiteinheit aus einem Rohr von bekanntem Querschnitt ausfliesst. Da offenbar das ausgeflossene Volum $v = c\,q$ ist, wenn c die mittlere Geschwindigkeit in dem Querschnitt q ist, so wird die mittlere Geschwindigkeit $c = \frac{v}{q}$. — 2⁰ Man misst den Weg, welchen ein sichtbar gemachter Abschnitt des Stroms in der Zeiteinheit durchläuft. Dieses geschieht, indem man die Geschwindigkeit eines im Strom schwimmenden festen Körpers misst. Durch diese Methode kann nach Umständen die partielle oder auch die mittlere Geschwindigkeit gefunden werden, vorausgesetzt, dass der Körper rücksichtlich seiner Bewegung angesehen werden darf wie ein Theilchen des Stromfadens, in dem er schwimmt, wenn er also dasselbe specifische Gewicht, und dieselbe Adhäsion an den Flüssigkeitstheilchen besitzt, die diesen unter einander zukommt, und endlich wenn er ohne Drehbewegungen auszuführen im Strom fortschreitet. Diese Bedingungen werden entweder nur von Flüssigkeit selbst erfüllt oder von symmetrisch geformten Körperchen, welche sich nur über Stromfäden von möglichst gleicher Geschwindigkeit erstrecken und dabei aus einem Stoff bestehen, der möglichst innig von der Flüssigkeit des Stromes durchtränkt wird. — Benutzt man als Index für die Geschwindigkeit des Stromfadens ein in ihm schwimmendes festes Körperchen, so genügt es den Weg zu bestimmen, welchen dieses in der Zeiteinheit zurücklegt. Bedient man sich dagegen zur Geschwindigkeitsmessung einer in den Strom gebrachten Flüssigkeit, so muss man vor Allem auf ein Mittel denken, um diese Flüssigkeit sichtbar zu machen und zwar entweder während der ganzen oder zu Ende der Beobachtungszeit. Hering verfährt auf die letztere Weise; er bringt an einen bestimmten Stromort zu einer gegebenen Zeit einen Tropfen aufgelösten Blutlaugensalzes, und imprägnirt einen andern Stromort, mit der Lösung eines Eisensalzes, welches mit Cyan-

eisenkalium einen blauen Niederschlag giebt. Beobachtet man nun den Zeitpunkt, in welchem der Niederschlag eintritt, und kennt man den Abstand zwischen den Applicationsorten von Blutlaugen- und Eisensalz, so hat man damit die Grundlagen für die verlangte Messung. — Volkmann schaltet dagegen in den Strom eine gefärbte Flüssigkeit, z. B. in den rothen Blutstrom eine farblose Wassersäule von beträchtlicher Länge und von einem dem Strom möglichst gleichen Querschnitt ein. Indem der Strom die Säule vor sich her schiebt, ist man im Stande das Fortschreiten der Grenze von gefärbter und farbloser Flüssigkeit zu beobachten. Die Methode von Volkmann hat hierbei mit dem Uebelstand zu kämpfen, dass sich die Grenze nicht scharf erhält, theils wegen des ungleichen specifischen Gewichts der Flüssigkeit, theils wegen des ungleichen Fortschreitens der Wand- und Mittelfaden. — 3⁰ Zur Geschwindigkeitsbestimmung benutzt man ferner das Gewicht, mit dem man eine gegen den Strom gestellte Fläche belasten muss, um sie in einer senkrecht zur Stromrichtung gehenden Lage zu erhalten; oder man hängt ein constantes Gewicht von bestimmter Gestalt derartig in den Strom, dass es vom Strom um einen gegebenen Mittelpunkt gedreht werden kann und bestimmt aus dem Ablenkungswinkel, den es durch den constanten Strom erfährt, die Geschwindigkeit des letztern. Von diesen beiden erwähnten Verfahrungsarten hat nur die letztere eine Anwendung in der physiologischen Hydraulik gefunden, und zwar unter der Form des sogenannten Stromquadranten, dem in der Wasserbaukunde besonders Eytelwein und Gerstner*) Eingang verschafft haben. Der Stromquadrant oder Strompendel besteht, wie die Fig. 6 zeigt, aus dem Viertel einer Kreisfläche, die an dem Umfang in Grade getheilt ist; an einem im Mittelpunkt geschlagenen Stift hängt ein steifer Faden, ($a\,b$), der an seinem entgegengesetzten Ende eine Kugel hält. Will man das Instrument anwenden, so bringt man es zuerst in eine solche Stellung, dass der Faden desselben auf der Null der Theilung einspielt; übergiebt man nun die Kugel dem Strom, so wird sie, etwa nach c abgelenkt; die Theorie verlangt, dass die Tangente des Ablenkungswinkels ($b\,a\,c$) sich verhalten solle wie die Stosskräfte, und da diese sich verhalten, wie die Quadrate der Geschwindigkeit, so würden diese letzteren, wie die Wurzel aus der Tangente des Ablenkungswinkels wachsen, vorausgesetzt, dass immer dieselbe Kugel in Anwendung gekommen ist. Diese Voraussage bestätigt die Erfahrung nicht und es sind somit von der Theorie nicht alle Bedingungen in Rechnung gebracht; das Instrument verlangt also, um brauchbar zu werden, einer empirischen Graduirung, und es misst mit dieser die durch die eingesetzte Kugel veränderte Geschwindigkeit der Stromfäden, in welche sie gehalten wird. Vierordt, der den Apparat in der Physiologie einführte, mit der Absicht, die mittlere Geschwindigkeit auf dem Stromquerschnitt zu erhalten, brachte das Pendel p (Fig. 7.) in ein kubisches Kästchen KK; auf ungleichen Höhen

Fig. 6.

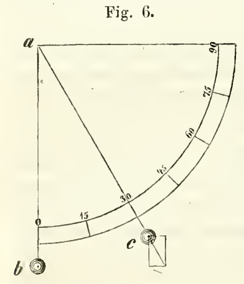
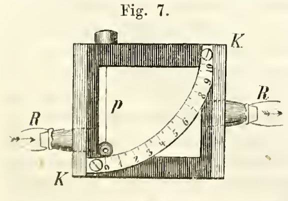


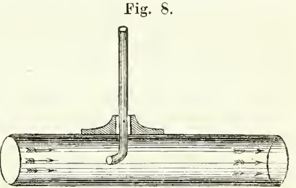
Fig. 7.



*) Anmerkugen über das hydrometr. Pendel. Prag 1819.

zweier gegenüberstehender Seiten desselben öffnen sich zwei cylindrische Röhren *RR*. Dieses Instrument nennt Vierordt Tachometer; die Figur giebt es in natürlicher Grösse wieder. Seinen Apparat aicht er dadurch, dass er die cylindrischen Ansätze *RR* in einen Strom von gegebenem Querschnitt einschaltet und einerseits die Ablenkung des Pendels, andererseits aber die Ausflussmenge aus dem Ende des Stromrohrs und damit die mittlere Geschwindigkeit in dem letzteren bestimmt. Hierdurch gewinnt er eine Beziehung zwischen der mittleren Geschwindigkeit, die im Rohr besteht, während das Instrument eingeschaltet ist, und der Pendelablenkung. Fraglich bleibt nur, was durch Versuche entschieden werden könnte, ob Ströme von ungleichen Durchmessern, aber gleichen mittleren Geschwindigkeiten dieselbe Ablenkung erzeugen, weil es zweifelhaft ist, ob die Störung, die der Apparat veranlasst, nur sich ändert mit der mittleren Geschwindigkeit, nicht aber mit dem Querschnitt, in welchen er eingefügt ist. Ein anderes Bedenken bieten Ströme, deren mittlere Querschnittsgeschwindigkeit mit der Zeit sich fortwährend ändert, so dass dem Pendel dann niemals eine Ruhelage vergönnt wird, sondern hin und her schwankt. Denn in diesem Fall kommt ausser der Schwere auch noch die Geschwindigkeit der Pendellinse in Betracht. Vierordt glaubt für den arteriellen Blutstrom, welcher mit einer veränderlichen Geschwindigkeit begabt ist, jenes Bedenken beseitigt zu haben. Siehe die Geschwindigkeit des Blutstroms. — 4⁰ Die Geschwindigkeitsmessung wurde auch durch das Rohr von Pitot versucht. Dieses ist, wie Fig. 8 zeigt, eine mit einer rechtwinkligen Biegung versehene Glasröhre; die Schenkel derselben sind ungleich lang; der kürzere wird, wenn die Messung ausgeführt werden soll, der Art in das Stromrohr gesetzt, dass die Fläche seiner Mündung senkrecht auf der Stromrichtung steht. Wenn die in diesen Schenkel mündenden Fäden des Stroms vollkommen zur Ruhe gebracht würden, so müsste nach der Bernoulli'schen Theorie die Flüssigkeit in dem langen Schenkel zu einer Höhe (H) emporsteigen, welche dem Druck entspräche, den die betreffenden Fäden vermöge ihrer Spannung (h) und ihrer Geschwindigkeit (h') ausüben können; es wäre also $H = h + h'$. Aus dieser Gleichung ist h' oder die Geschwindigkeitshöhe zu finden, wenn h oder die Spannungshöhe bekannt ist; diese letztere kann aber auch durch ein senkrecht auf den betreffenden Stromfaden gesetztes Manometer gefunden werden. So oft bis dahin dieses Verfahren für den Strom in Röhren in Anwendung kam, wie z. B. in der ausgedehnten Arbeit von Darcy, hat man die Pitot'sche und das Manometerrohr nicht in dieselben, sondern in verschiedene Stromfäden gesetzt und die an beiden Instrumenten gefundene Druckdifferenz als Geschwindigkeitshöhe angesehen; diese Unterstellung ist aber den neueren Untersuchungen gemäss nicht mehr annehmbar, somit sind die bis dahin erworbenen Resultate nicht zu gebrauchen. Aber selbst eine Verbesserung dieses Fehlers würde immer noch nicht zum Ziel führen, da die Bedingung, dass die in den kurzen Schenkel der Röhre eindringenden Fäden vollkommen ruhen sollen, sich nicht herstellen lässt und namentlich bei gleicher Stromgeschwindigkeit, aber ungleicher Form der Mündung die Höhe des Ansteigens sich ändert. Aus diesem Grunde haben die Wasserbaumeister schon seit du Buat, das Verfahren entweder bei Seite gesetzt, oder sie graduiren jedes Rohr besonders. Zweckmässige Formen des Rohrs siehe bei Weissbach und Darcy.

Fig. 8.



Die Erscheinungen des constanten Stromes in Röhren sind aber wiederum veränderlich mit der Form und Beschaffenheit der letztern. In Folgendem sind die wichtigsten Fälle behandelt.

10. Wagerechte, gerade, überall gleichweite Röhren. — Die Regeln, nach welchen der Strom in geraden Röhren verläuft, haben dis dahin nur unter der Bedingung ermittelt werden können, dass ein bestimmtes Verhältniss zwischen der Länge und dem Durchmesser der Röhre bestand. Insbesondere musste die Länge der Röhre in Verhältniss zu ihrem Durchmesser um so beträchtlicher werden, je bedeutender der letztere war. (Girard, Poiseuille)*). Mengt man der strömenden Flüssigkeit sichtbare Theilchen bei, so bemerkt man in Röhren von genügender Länge, dass die Theilchen nahezu geradlinig und mit den Wandungen parallel gehen, während sie geschlängelt in den zu kurzen Röhren verlaufen. Dem entsprechend hält man dafür, dass der Strom in langen Röhren aus geraden Fäden bestehe. Für diesen geradlinigen Strom gelten die folgenden Ermittlungen.

Geschwindigkeit. Die mittlere Geschwindigkeit ist auf allen Querschnitten die senkrecht zur Röhrenachse gelegt werden können dieselbe, dieses folgt mit Nothwendigkeit aus der Cohäsion und Unzusammendrückbarkeit der Flüssigkeit. Die Geschwindigkeit der Fäden aber, welche auf einem Querschnitt senkrecht stehen, ist mit ihrem Abstand vom Mittelpunkt veränderlich. Zerlegt man den Querschnitt in unzählige concentrische Kreise, die sämmtlich vom Mittelpunkt der Röhre aus mit Radien beschrieben sind, die von Null an bis zum ganzen Werth des Röhrendurchmessers wachsen, so wird ein jeder solcher Kreis von Stromfäden gleicher Geschwindigkeit durchsetzt, und zwar nehmen die Geschwindigkeiten von den kleinen nach den grossen Kreisen oder vom Centrum nach dem Umfang hin ab. Das Gesetz, nach welchem diese Geschwindigkeiten in der bezeichneten Richtung abnehmen, ist unbekannt. Namentlich verdient es der Erwähnung, dass die Beobachtungen von Darcy**) nicht zu dem gewünschten Ziel geführt haben. Dagegen ist es wahrscheinlich, dass die über einen Röhrendurchmesser aufgetragene Curve der Theilgeschwindigkeiten veränderlich ist mit der Weite und Wandbeschaffenheit der Röhre, ferner mit der mittleren Geschwindigkeit, der chemischen Eigenschaft, und der Temperatur der strömenden Flüssigkeit. In ein und demselben Strom soll jedoch die Curve der Geschwindigkeiten, bezogen auf den Durchmesser der Röhre für alle Querschnitte dieselbe sein, d. h. es soll die Geschwindigkeit eines Stromfadens vom Beginn bis zu seinem Ende unveränderlich bleiben; demnach würde der gradlinige Strom, welcher ein cylindrisches Rohr ausfüllt, zusammengesetzt sein aus zahlreichen in einander steckenden Cylindermänteln, von denen jeder einzeln eine constante Geschwindigkeit besitzen würde.

Von der mittlern Geschwindigkeit gilt erfahrungsgemäss folgendes: 1⁰ die Geschwindigkeit steigt, wie die Druckhöhen, welche auf den Flüssigkeiten lasten, so dass entgegen dem Ausfluss aus Mündungen durch dünne Platten bei einem Aufsteigen der Druckhöhen von 1 zu 4 zu 9 zu 16 u. s. w., die Geschwindigkeiten wie diese Zahlen und nicht wie 1, 2, 3, 4 u. s. w. anwachsen. — 2⁰ Alles andere gleichgesetzt, nimmt die mittlere Geschwindigkeit ab, wie die Längen der Röhren zunehmen. — 3⁰ Weniger einfach ist die Beziehung der mittleren Geschwindigkeit zu dem Durchmesser; im Allgemeinen ist durch mannigfache hydraulische Beobachtungen, insbesondere durch die von Gerstner, Young, Girard, Poiseuille und Volkmann

*) Mémoires de l'Institut 1813—15. 285. — Poggendorf, Annalen l. c.

**) Recherches expérimentales relatives au mouvement etc. Par. 1857. (XV. Bd. der Memoiren der Pariser Akademie.)

festgestellt, dass in weiten Röhren die Geschwindigkeit geradezu abnimmt wie der Durchmesser, in sehr engen aber wie das Quadrat des Durchmessers; in Röhren mittleren Kalibers nimmt die Geschwindigkeit nach irgend einer andern Potenz des Durchmessers, die in der Mitte zwischen den erwähnten liegt, ab. Die Grenzen der Durchmesser, für welche die eine oder andere Angabe giltig ist, sind nicht ermittelt worden. — 4⁰ Die Geschwindigkeit nimmt zu, wenn die Temperatur der Flüssigkeit wächst, und zwar in engen Röhren beträchtlicher, als in weiten. Diese Beobachtung Gerstners*) ist von Girard, insbesondere aber für sehr enge Röhren von Hagen und Poiseuille erweitert worden, welche für Wasser, in Glas und Kupfer strömend, den empirischen Coëffizienten des Wachsthums gefunden haben. Dieser letztere kann jedoch nur auf die erwähnten Stoffe und nur für sehr enge Röhren angewendet werden, da nach Girard mit der Flüssigkeit und bei weiten Röhren mit dem Durchmesser sich auch der von der Temperatur abhängige Geschwindigkeitsverlust ändert. — 5⁰ Die Geschwindigkeit ist ferner veränderlich mit der Zusammensetzung der Flüssigkeit; Dubuat, Girard**), Poiseuille***). Wesentlich unterscheiden sich die Flüssigkeiten, je nachdem sie die Röhrenwand benetzen, oder dieses nicht thun. Wir berücksichtigen nur die ersteren. Für sie ist festgestellt: a) die Geschwindigkeit in jeder Flüssigkeit (unter Voraussetzung gleicher Druckhöhen und Röhrenweiten) ist unabhängig von dem Stoff, aus dem die Röhrenwand besteht; namentlich hat Poiseuille Glas, Metall und die Membranen der Blutgefässe hierauf untersucht. — b) Die verzögernde Kraft oder, wie man gewöhnlich sagt, die Reibung einer Flüssigkeit ist unabhängig von dem spezifischen Gewicht, der Dünnflüssigkeit, der Capillarattraction u. s. w. — c) Die Reibung des Wassers oder Blutserums wird wesentlich geändert durch geringe Beimengung von Salzen, Basen oder Säuren. — Von den besonderen Bestimmungen Poiseuille's heben wir hervor: das Serum des Ochsenbluts fliesst, alles Uebrige gleichgesetzt, nahebei noch einmal so langsam, als reines Wasser, und faserstofffreies (Blutkörperchen haltendes) Ochsenblut fliesst dreimal langsamer, als Serum. — Im Allgemeinen erniedrigt ein Zusatz von Neutralsalzen zum Wasser die Reibung, wahrend sie durch Zusätze von Basen und von Säuren (eine Ausnahme machen unter letztern nur Blausäure und Schwefelwasserstoff) erhöht wird; ein Zusatz von Ammoniak zum Serum erniedrigt dagegen die Reibung desselben. —

Spannung. Man hatte bis dahin angenommen, dass der Seitendruck aller der Stromfäden gleich sei, welche einen und denselben senkrecht zur Stromrichtung geführten Querschnitt ausfüllen; diese Annahme hat sich jedoch als fehlerhaft erwiesen; denn wenn man ein Manometer, dessen dem Strom zugekehrte Mündung senkrecht gegen die Richtung desselben steht, von der Wand aus gegen die Stromachse führt, so sinkt der Druck hiebei sehr auffallend (Darcy, C. Ludwig und Stefan) †); ebenso kann man durch ein Rohr, welches die Wand- und Achsenfäden eines und desselben Stromschnittes verbindet, wie es die Fig. 9 (s. folg. Seite) angiebt, ein Fliessen des Wassers von der Wand zum Röhren-Centrum, in der Richtung des Pfeiles erzielen, und endlich kann man auf zwei diametral entgegengesetzten Wandstellen verschiedene hohe Wassersäulen aufsetzen, ohne dass sich der Druck durch den Strom hindurch ausgleicht, (C. Ludwig und Stefan).

*) Gilberts Annalen der Physik. V. Bd. 160. — Die Uebereinstimmung zwischen dem Coëffizienten von Hagen und Poiseuille ist dargelegt in Doves Repertorium. 7. Bd. p. 135.

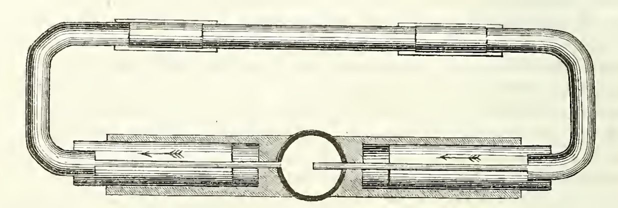
**) Mémoires de l'Institut. 1816.

***) Annales de chim. et physique. III. Sér. Bd. 7.

†) Wiener Sitzungsberichte XXXII. Bd. 1858.

Bis dahin ist es noch nicht gelungen, das Gesetz der Druckabnahme von der Wand gegen das Centrum in ihrer Abhängigkeit von den Dimensionen und Geschwindigkeiten des Stroms hinzustellen, weil die in den Strom geführten Manometer in diesem selbst den wahren Druck sehr merklich ändern; nur ganz im Allgemeinen lässt

Fig. 9.

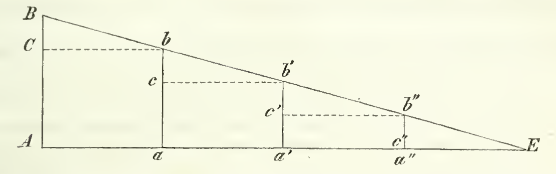


sich sagen: bei gleichem Stromdurchmesser wächst der Unterschied des Seitendrucks zwischen Wand und Achsenfaden mit der mittlern Geschwindigkeit; denkt man sich ferner den Durchmesser der Röhre in beliebig viele, aber unter einander gleiche Stücke zerlegt, so ist immer das der Wand zunächst gelegene Ende eines solchen Abschnitts mit einem höhern Druck versehen, als das dem Centrum zugewendete, und der Unterschied des Drucks, den beide Enden gewahren lassen, ist um so grösser, je näher sich das in Betracht gezogene Stück an der Wand befindet, d. h. es fällt der Druck in der Nähe der Wand rascher als gegen die Röhrenachse hin ab; ferner ist es wahrscheinlich, dass die Curve der Seitendrücke, aufgetragen auf die Röhrenlänge als Abszissenachse, in ein und demselben Strom für alle Flüssigkeitsfäden parallel bleibt, oder anders ausgedrückt, dass, wie entfernt auch der Querschnitt eines Stromes, den man beobachtet, von der Einflussmündung sein mag, doch immer der Unterschied des Seitendrucks zwischen Wand und Achsenstrom gleich gross ist. Da nun der Wanddruck, mag er an der Einflussmündung noch so hoch gewesen sein, an der Ausflussmündung Null wird, der Unterschied zwischen Achsen und Wanddruck aber, je nach der mittlern Geschwindigkeit, auf hunderte von Millimeter steigen kann, so muss es im Verlauf des Stroms immer einen Punkt geben, an welchem der bis dahin positive Seitendruck des Achsenfadens durch Null hindurch zu einem negativen Werth gelangt, der um so mächtiger anschwillt, je mehr sich der Strom seinem Ende nähert.

Da man bisher allgemein annahm, dass die einen und denselben Querschnitt durchsetzenden Stromfäden gleiche Spannung besässen, so hat man sich in allen ältern Beobachtungen begnügt, dem Seitendruck des Wandfadens, den man sicher und leicht bestimmen konnte, zu messen und seine Veränderungen aufzusuchen; aus den bis dahin gewonnenen Messungen ergiebt sich nun: 1⁰ die Spannungen des Wandfadens nehmen vom Anfang bis zum Ende des Stromes nach einer geraden Linie ab; graphisch würde sich dieses folgendermassen ausdrücken lassen: gesetzt es läge (Fig. 10) bei A der Anfang und bei E das Ende des gradlinigen Wandstroms AE und man errichtete auf ihm bei A, a, a', a'' und E Manometer, so würde z. B. die den Druck messende Flüssigkeitssäule in A bis B, in a bis b, in a' bis b', in a'' bis b'' und in E um eine nicht mehr messbare Höhe steigen. Verbindet man die obern Enden aller dieser Höhen durch eine Linie, so würde man finden, dass dieselbe eine gerade wäre. Hätte man, wie es hier geschehen, die Manometer in gleiche Abstände gestellt, so würden also die Höhen-

unterschiede des Wasserstandes in je zwei auf einander folgenden Manometern *BC*, *bc*, *b'c'*, *b''c''* einander gleich sein. Es bedarf nach diesem kaum der Erinnerung, dass

Fig. 10.



der Spannungsunterschied zwischen den Manometern am Anfang und Ende geradezu wächst, wie die Länge der letztern. 2⁰ Die Steilheit des Abfalls dieser Graden, oder, was dasselbe sagt, der Spannungsunterschied für die Längeneinheit wächst mit der mittleren Geschwindigkeit des Stroms. Nennen wir den Spannungsunterschied auf der Längeneinheit w und die mittlere Geschwindigkeit v, so lässt sich rücksichtlich der Beziehung der beiden Grössen noch aussagen: Wenn die Geschwindigkeit des Stromes von 0 bis 100 M.M. in der Sekunde wächst, so ist der Spannungsunterschied $w = av$, d. h. gleich der mittleren Geschwindigkeit multiplizirt mit einem empirisch zu bestimmenden Coëffizienten, der kleiner als die Einheit ist. Wenn dagegen die Geschwindigkeit über 100 M. M. anwächst, so ist der Spannungsunterschied $w = av + bv^2$, d. h. gleich der Geschwindigkeit multiplizirt mit dem frühern Coëffizienten mehr dem Producte aus dem Quadrate der Geschwindigkeit in eine andere ebenfalls empirisch zu bestimmende Zahl, die kleiner als die Einheit ist. — 3⁰ Der Spannungsunterschied ändert sich ferner mit der mechanischen Beschaffenheit der Wandfläche, an der der Strom hingeht. Wenn ein Strom von mehr als 100 M.M. Geschwindigkeit an einer unebenen Wand hingeht, so verschwindet aus der Gleichung für w das erste Glied der rechten Seite, so dass $w = bv^2$ wird. Diese Erfahrung scheint zu bedeuten, dass der Coëffizient, welcher mit dem Quadrat der Geschwindigkeit multiplizirt in die Gleichung für w eintritt, abhängig ist von den Stössen, welche die Flüssigkeit gegen die Hervorragung in der Wand ausführt. — Das Verschwinden von av oder das von bv^2 aus der Gleichung für w will natürlich nichts anderes sagen, als dass in dem einen oder andern Fall der Coëffizient a oder b gegen den andern so klein wird, dass das ihn enthaltende Glied in der Rechnung ohne Schaden gegen das andere vernachlässigt werden kann. — 4⁰ Von der chemischen Beschaffenheit der Röhrenwand, vorausgesetzt, dass nur ihre Glätte gleich ist, ist der Spannungsunterschied unabhängig. — 5⁰ Der Spannungsunterschied wächst, alles andere gleich gesetzt, wenn der Durchmesser der Röhre, in welcher der Strom geht, abnimmt.. Die ältere Formel von Prony erörternd, hat Darcy, nach seinen ausgedehnten Untersuchungen für dieses Abhängigkeitsverhältniss, folgende Regel aufgestellt; bezeichnet R den Halbmesser der Röhre und ist in dem Ausdruck av das $a = \alpha + \frac{\beta'}{R}$, und in bv^2 das $b = \alpha' + \frac{\beta'}{R}$, wo α, β, α' und β' empirisch zu bestimmende Zahlen bedeuten, so gestaltet sich das Abhängigkeitsverhältniss zwischen w, R und v so, dass $Rw = \left(\alpha + \frac{\beta}{R}\right) v + \left(\alpha' + \frac{\beta'}{R}\right) v^2$ wird.

Aus dieser Regel lässt sich auch eine physiologisch wichtige Ableitung machen. Denn wenn der Strom langsam durch eine glatte Röhre läuft, so ist dem obigen (2⁰)

entsprechend $R w = \left(\alpha + \frac{\beta}{R}\right) v$. Wird nun die Röhre eng also R sehr klein, wie dieses z. B. in den Capillargefässen des Menschen geschieht, so gewinnt in der Rechnung das $\frac{\beta}{R}$ ein solches Uebergewicht über α, dass das letztere ohne Schaden vernachlässigt werden kann; es geht also die Gleichung in $R w = \frac{\beta}{R} v$ über, oder es wird $w = \frac{\beta}{R^2} v$. Das heisst in Worten, der Spannungsunterschied wächst in engen glatten Röhren und bei Strömen geringerer Geschwindigkeit umgekehrt, wie das Quadrat des Röhrendurchmessers, ein Ausdruck, welchen die Erfahrungen von Girard, Hagen und Poiseuille bestätigt haben. Wird dagegen die Röhre weit und der Strom rasch, so verschwindet (nach 2⁰) das erste Glied der rechten Seite und es ist $R w = \left(\alpha' + \frac{\beta'}{R}\right) v^2$. Da nun aber, wenn R gross wird $\frac{\beta'}{R}$ gegen α' zum Verschwinden kommt, so ist hier $R w = \alpha' v^2$ und $w = \frac{\alpha'}{R} v^2$ d. h. es wächst in weiten Röhren der Spannungsunterschied umgekehrt wie der einfache Durchmesser. — 6⁰ Der Spannungsunterschied ist endlich von der Temperatur und der chemischen und mechanischen Zusammensetzung der Flüssigkeit abhängig und zwar wächst er mit den die Reibung befördernden Eigenschaften der Flüssigkeit, worüber die bei der Geschwindigkeit des Stroms in geraden Röhren unter 5⁰ mitgetheilten Erfahrungen zu vergleichen sind.

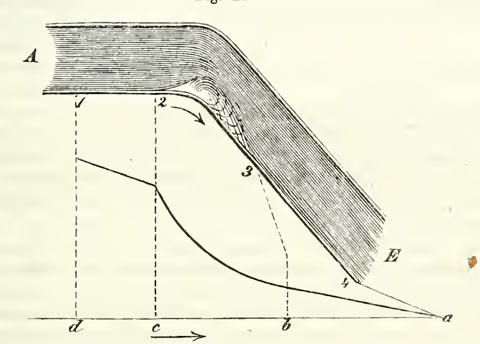
Verlust des Stroms an Arbeit. Der Strom erleidet beim Durchgang durch die Röhre einen Verlust an Kräften; die Grösse dieses Verlustes auf der Längeneinheit ergiebt sich aus dem Unterschied der Kräfte, welche die den Querschnitt erfüllende Masse am Beginn und am Ende der Längeneinheit besitzt. Um den Werth der Arbeit an beiden Orten zu finden muss man daselbst die Masse, die mittlere Geschwindigkeit und die mittlere Spannung des Stroms kennen. Setzen wir die Masse, welche wegen der Gleichheit des Querschnitts an beiden Orten dieselbe ist, = m, die mittlere Geschwindigkeit am Anfangsquerschnitt und am Endquerschnitt, welche ebenfalls dieselben sein müssen, gleich v, und nennen wir die Spannung des Anfangschnitts h und die des Endschnitts h′ und endlich die Beschleunigung der Schwere g, so wird der Verlust an Arbeit $x = m \left(\frac{v^2}{2} + g h\right) - m \left(\frac{v^2}{2} + g h'\right) = m g (h - h')$ sein, oder in Worten, es war die Einbusse an Arbeit gerade zu durch den Unterschied der mittleren Spannungen auf beiden Querschnitten gegeben. Wollte man nun aber dazu schreiten, für einen bestimmten Fall den Kraftverlust auszuwerthen, so würde ein solches Unternehmen daran scheitern, dass wir die mittlere Spannung auf einem Querschnitt nicht anzugeben vermöchten.

Die Anordnung der Masse im Innern eines Stromes hat man sich nach den gemachten Mittheilungen so verwickelt zu denken, dass man vorerst darauf verzichten muss, nähere Angaben über dieselbe zu machen. Die am meisten auffallende Thatsache, dass der Strom nicht durchweg von den Orten höheren zu denen niederen Druckes gerichtet ist, kann wie es scheint ihre Erklärung nur in der Trägheit der die Flüssigkeit zusammensetzenden Massen finden.

2. Gleichweite, gebogene Röhren. Zu den bei geraden Röhren betrachteten Hemmungen der Geschwindigkeit kommen noch die Stösse, welche der Strom gegen die Wandungen ausübt und die von der Centrifugalkraft herrührenden Pressun-

gen. Der Einfluss dieses letztern Momentes wächst bekanntlich wie das Quadrat der Geschwindigkeit, und umgekehrt, wie der Durchmesser des durchlaufenen Kreisbogens. Die Grösse der Hemmung aber, welche von dem Stoss gegen die winklig gebogene Wandung abhängt, ist veränderlich a) mit der Gradzahl des Winkels, in der Art, dass, wenn er von 0⁰ auf 180⁰ steigt, der Widerstand von einem Maximum auf ein Minimum abfällt. Mit welcher Funktion des Winkels dieses aber geschieht, ist unbekannt *); b) zum zweiten wächst aber die Stromhemmung in der Winkelbiegung mit dem Quadrat der Geschwindigkeit, was nach dem Frühern keiner Erörterung bedarf. — Die Hemmung ist eine beträchtlich geringere, wenn die Biegung statt eine plötzliche zu sein, sehr allmählig geschieht. Der Grund für diese Erscheinung liegt darin, dass bei plötzlichen Biegungen (2 3 in der Röhre *A E* Fig 11.) hinter der vorspringenden

Fig. 11.



Kante eine wirbelnde Stelle entsteht, die an der Strömung keinen Antheil nimmt; es verengert sich demnach das Stromrohr gleichsam. —

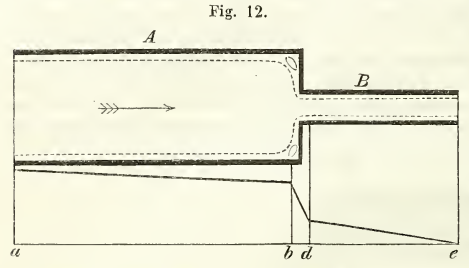
Dieser verlangsamten Bewegung entsprechend wird die Flüssigkeit in den auf die Röhre gesetzten Manometern ansteigen und zwar werden, wenn man die Manometer aufsetzen würde in 1, 2, 3, 4 die Steigungen nach dem Gesetz der unter der Röhre gezeichneten Curve geschehen. Beginnen wir vom Ende des Rohrs (*E*), so würde von 4 nach 3 dem Frühern gemäss, je nach der Röhrenweite und Stromgeschwindigkeit, das Aufsteigen mehr oder weniger allmählig auf der geraden Linie *a b* erfolgen, dann würde plötzlich in der Winkelbiegung von *b* nach *c* ein sehr rasches Aufsteigen geschehen, in Folge der besondern Widerstände, die sich hier häufen, und hinter dieser Biegung, wenn das Rohr wieder gerade fortläuft, wird sich auch das allmählige Aufsteigen *c d* wieder einstellen. In dem Gang der Linie, welche die Niveaux der Flüssigkeit in den verschiedenen Manometern verbindet, findet sich also ein plötzlicher Knick, oder wie man auch sagt, ein ausgezeichneter Punkt. —

*) Siehe hierüber für einzelne Fälle empirischer Gesetze: von du Buat, bei Eytelwein, Handbuch der Mechanik und Hydraulik. 3. Aufl. 1843. 172. — Volkmann, Haemodynamik. p. 51. — Weissbach, Lehrbuch der Ingenieur- und Maschinenmechanik. 1. Bd. 1850. 548.

3. Ungleichweite Röhren. Wir beschränken uns auf die Betrachtung der beiden Fälle, wo eine Erweitung in eine Verengung übergeht, und wo eine Erweiterung von zwei verengten Stellen eingeschlossen wird.

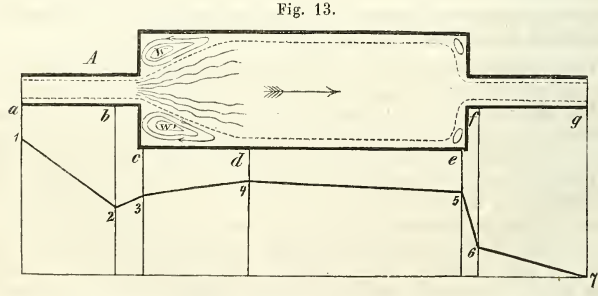
a. Die Erweiterung mit darauffolgender Enge (Fig. 12). Die mittlere Geschwindigkeit im Rohrstück B wird zu der in A in dem umgekehrten Verhältniss ihrer Querschnitte stehen. Diese verhalten sich aber wie die Quadrate der Durchmesser. Beim Uebergang aus dem weiten in das enge Rohr schiessen die Flüssigkeitsstrahlen allseitig zusammen; wobei sich die Strömung in den Ecken des grossen Rohrs in Wirbel d umsetzt. — Die Curve der Spannung aufgetragen auf die Röhrenachse wird in B von e bis d gleichmässig aufsteigen, von d bis b ungleichmässig, aber rascher als in d e, wegen des erwähnten Zusammenstosses der Theilchen und von b bis a gradlinig, aber viel allmähliger, als in e d. — Der absolute Werth, welchen die Spannung in dem Abschnitt d b gewinnt, ist abhängig von der Triebkraft der Flüssigkeit und von dem Verhältniss der Querschnitte von A und B.

Fig. 12.



b. Erweiterung zwischen zwei Verengerungen (Fig. 13.). Die Bahnen, welche die flüssigen Theilchen, so weit man darauf schliessen kann, aus den in dem Strom geworfenen Bärlappsamen, sind in der Fig. 13. durch die getüpfelten Linien angedeutet; nachdem die Stromfäden im Rohr A parallel der Achse verliefen, erweitert der fortschreitende Strom nur allmählig sein Bett bis er das ganze Rohr ausfüllt; in dem

Fig. 13.



Trichter, der zwischen der Einflussmündung in das weite Rohr bis zum Anschluss des Stroms an die Wandungen der letztern liegt, bewegen sich die Theilchen nicht bloss in, sondern auch senkreht gegen die Richtung des Stroms, indem sie annähernd senkrecht zur Röhrenachse auf und abschwingen. Zwischen dem Trichter und der Wand liegen aber stehende Wirbel, deren Längenschnitt birnförmig nach Art der gezeichneten Figuren w w' sich darstellt. Am Uebergang der Erweiterung in die Verengung

verhalten sich die Bewegungsrichtungen, wie sie auch schon in der vorigen Figur angegeben wurden. — An der Grenze des engen und weiten Rohrs, bis zur grössten Erweiterung des Stromtrichters, gestaltet sich der Druck in einer zur Röhrenachse senkrechten Richtung so, dass er innerhalb der beiden Grenzwirbel beträchtlich höher als im Stromtrichter ist. Setzt man aber fortlaufend auf die Wand den Manometer *a b c d e f g*, so erhält man Druck, welcher nach dem in der Curve 1, 2, 3 ... 7 dargestellten Gesetz sich ändert. Eine Theorie für dieselbe lässt sich nicht geben.

Aus diesen Mittheilungen lassen sich mancherlei Folgerungen ziehen, von denen wir zwei wegen ihrer praktischen Bedeutung hervorheben. Sie beziehen sich auf die Veränderungen, welche ein Strom in einer Röhre erfährt, dessen Aus- oder Einflussmündung verengert worden ist.

Setzen wir also, es sei in einem überall gleichweiten Rohr Spannung und mittlere Geschwindigkeit bestimmt worden, und es werde nun plötzlich die Ausflussmündung des Rohrs verengert, während die am Einfluss desselben wirksamen Kräfte unverändert erhalten würden, so wird offenbar in dem Rohr die Stromgeschwindigkeit abnehmen und dafür sich die Spannung erhöhen. In der verengten Ausflussmündung muss dagegen die Geschwindigkeit steigen, jedoch nicht in dem Verhältniss, in welchem der Querschnitt abgenommen hat, so dass der nun raschere Strom aus der engen Oeffnung nicht soviel Flüssigkeit fördert, als dieses der langsamere aus der weiten vermochte. Die Nothwendigkeit dieses letztern Ergebnisses sieht man gleich daraus ein, weil in dem Theil der Röhre, dessen Durchmesser unverändert erhalten wurde, die Stromgeschwindigkeit abgenommen hat. Der physikalische Grund hierfür ist aber darin zu suchen, dass die Flüssigkeit in der engen Mündung durch Reibung mehr an ihrer lebendigen Kraft einbüsst, als dieses in der weiten geschah. — Verengert man aber, während in dem Rohr von den bezeichneten Eigenschaften die Ausflussmündung unverändert erhalten wurde, die Einflussmündung, so wird in dem unveränderten Stück Spannung und Geschwindigkeit abnehmen, und zwar darum, weil die lebendigen Kräfte jedes einzelnen eintretenden Theilchens durch Reibung mehr, als früher abgeschwächt werden, und weil zugleich die Masse der Flüssigkeit, welche an der Einflussmündung bewegt wird, abnimmt.

4. Verzweigte Röhren. Von den zahlreichen Formen, welche durch die Verzweigung der Ströme hergestellt werden können, berücksichtigen wir nur diejenigen, bei denen ein ursprünglich einfaches Rohr sich theilt und wieder in ein einfaches zusammenläuft. Die mitgetheilten Thatsachen sind von Volkmann beobachtet.

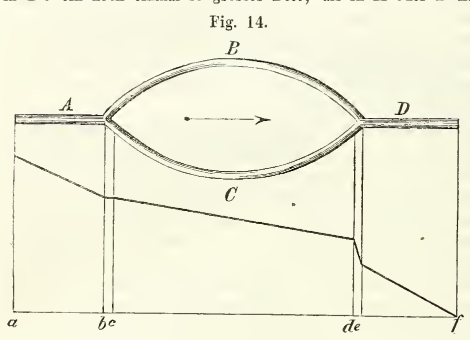
Vergleicht man die Erscheinungen eines Stroms im verzweigten Rohr mit denen im unverzweigten, so kann man behaupten, dass ein und dieselbe Menge Flüssigkeit, welche mit gleichen lebendigen Kräften begabt, an der Einflussmündung anlangte, auf ihrem Lauf durch ein gleich langes Wegstück des verzweigten Rohrs mehr von ihren lebendigen Kräften einbüsst, als in einem unverzweigten. Dieses ergiebt sich sogleich, wenn man bedenkt, dass im verzweigten Rohr im Verhältniss zum Inhalt eine grössere Wandfläche vorhanden ist, als im unverzweigten, und ferner, dass im verzweigten Rohr nothwendig Winkelbiegungen vorhanden sein müssen, die dem unverzweigten fehlen können. Dieser einfachen Betrachtung entsprechend wird die Hemmung in einem Röhrensystem von gleichem Querschnitt und gleicher Länge in einem raschen Verhältniss steigen mit der Anzahl der Einzelröhren, auf welchen dieser Querschnitt vertheilt ist.

Rücksichtlich des Verhältnisses der Geschwindigkeit gilt in einem verzweigten Röhrensystem alles das, was für das unverzweigte behauptet wurde, d. h. es nimmt in

dem Strom die Geschwindigkeit ab, wenn der Querschnitt zunimmt und umgekehrt.

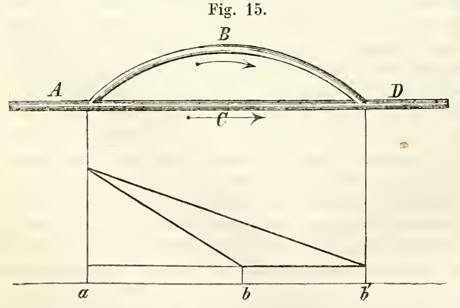
a. Ebenmässig verzweigte Röhren (Fig. 14). Wir nehmen an, dass die einzelnen Stromglieder *A B C D* von überall gleichem Querschnitt seien und dass die Schenkel *B* und *C* gleiche Krümmung und gleiche Länge besitzen. — Da der Strom in *B C* ein noch einmal so grosses Bett, als in *A* oder *D* hat, so wird er in dem letzten Abschnitt doppelt so geschwind wie in *B* und *C* laufen. — Verfolgen wir die Curve der Spannung, indem wir hierbei vom Ende des Stückes *D* ausgehen, so werden wir finden, dass sie in *D* allmählig anwächst (von *f* bis *e*), dann hinter der Mündungsstelle beider Röhren in dem einfachen Rohr (bei *d e*) plötzlich ansteigt, weil hier die Ströme zusammenstossen; durch *C* und das gleichartige *D* wächst sie allmählig wegen der geringen Geschwindigkeit (*d* bis *c*). Bei *b c* kreuzen sich nun die Einflüsse; einmal nämlich stösst sich der aus *A* kommende Strom an die entgegenstehende Wandung und darum muss die Spannung hier steigen, dann aber erweitert sich auch der Strom plötzlich und darum muss an diesem Orte die Spannung sinken; je nach dem Uebergewicht des einen oder andern Momentes muss also hier eine Steigerung oder ein Sinken der Spannung resultiren. In der gezeichneten Curve ist darum dieser Abschnitt mit einer horizontalen Linie dargestellt. In dem Stücke *A* endlich muss die Spannung wieder wie in *D* anwachsen.

Fig. 14.



b. Asymetrische Röhrenverzweigung (Fig. 15 und Fig. 16). — In dem ersten Fall geben wir allen Röhrenstücken gleiche Weite. Um Wiederholungen zu vermeiden, betrachten wir nun das verzweigte Stück von dem Punkt *a* bis zu *b*, d. h. von den Stellen, wo sich die Ströme trennen, bis zu dem, wo sie aufeinanderstossen. — An den beiden Enden der Schlinge ist offenbar die Spannung der aus beiden Röhren kommenden Flüssigkeitsmassen ausgeglichen. Gesetzt, es sei uns der Werth dieser Spannung bei *a* und *b* gegeben, so würden wir uns zwei Abszissenachsen von der Länge der Röhren *B* und $C = a\,b$ und $a\,b'$ legen, und

Fig. 15.

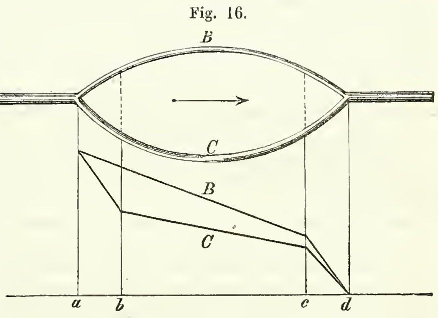


auf den Endpunkten *a*, *b*, *b'* die gegebenen Spannungen auftragen. Eine Verbindungslinie von *b* und *b'* nach *a* würde eine ungefähre Vorstellung von dem Verlauf der Spannung auf dem langen und kurzen Rohrstück geben. Wir sagen eine angenäherte Vorstellung, weilin dieser Curve einige besondere Punkte nicht berücksichtigt sind, welche sich durch Zusammenstoss und Auseinanderweichen der Flüssigkeiten u. s. w. bilden. — Das Verhältniss der Geschwindigkeit in den beiden Armen ist dadurch bestimmt, dass die Curve der Spannung in dem Röhrenstück *C* steiler ausfällt, als in *B*; sie muss in *C* grösser sein, als in *B*, weil im Rohre von gleichem Querschnitt die Steilheit der Spannungs-Curve wächst mit der Geschwindigkeit.

In dem andern Fall (Fig. 15.) ist den verzweigten Stücken gleiche Länge, aber ein ungleicher Durchmesser gegeben worden.

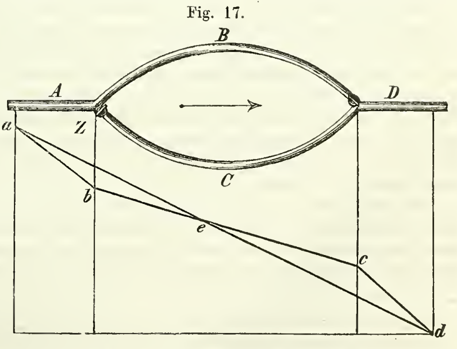
Bei einer ähnlichen Anordnung, welche Volkmann beobachtete, fiel die Curve der Seitendrücke von *a* nach *d* in *B* zuerst (zwischen *a* und *c*) allmählig und gegen das Ende (zwischen *c* und *d*) des Rohrs sehr steil ab; in *C* fiel sie zuerst sehr steil, dann langsamer als in *B* und schliesslich wieder sehr steil, aber abermals weniger rasch als in der entsprechenden Stelle von *B* ab.

Fig. 16.



Die vorliegenden Beobachtungen genügen, um abzuleiten, was eintritt, wenn man in einem verzweigten Rohr plötzlich einen Ast verstopft, oder einen bis dahin verstopften öffnet; vorausgesetzt, dass die Kräfte, welche an der Einflussstelle wirksam sind, unverändert bleiben. Wir wollen zur beispielsweisen Betrachtung ein symmetrisches Rohr (Fig. 17.) wählen. Wenn dem Strome beide Röhren geöffnet sind, so wird die Curve der Spannung bekanntlich (s. Fig. 14.) das durch *abcd* dargestellte Gesetz, inne halten, wobei das Stück *bc* gleichmässig für die beiden Aeste *B* und *C* gilt. Verschliesst man darauf den Anfang von *C* bei *Z*, so muss der Strom nun durch *B* gehen und die Flüssigkeit in *C* zur Ruhe kommen; in diesem letztern Schenkel wird demnach die Spannung überall einen gleichen Werth annehmen und zwar denjenigen,

Fig. 17.



welchen der Strom *ABD* a n der Stelle besitzt wo der todte Schenkel *C* in ihn mündet; er wird sich ganz wie ein Manometer verhalten. In dem Rohr *ABD* wird nun der Strom, da er in einem überall gleichweiten Bett fliesst, eine Spannung annehmen, die annähernd vom Anfang bis zu Ende nach einer geraden Linie etwa wie *ad* abfällt; das einzige unbestimmte, welches nun noch bleibt, liegt in der Steilheit, mit welcher *a d* absteigt. Die Erfahrung hat nun dafür entschieden (Volkmann), dass, wenn im unverstopften Rohr die Spannungscurve wie *a b c d*, sie im verstopften wie *aed* läuft, d.h. es ist nach der Verstopfung die Spannung in allen den Röhrenstücken, die zwischen der Einflussmündung und dem verstopften Orte liegen, erhöht, und es erstreckt sich diese Erhöhung auch noch ein Stück jenseits der letzten Stelle; von da ab fällt dann die Spannung unter diejenige, welche der Strom im unverstopften Rohr besass. Die theoretische Rechtfertigung hierfür ist dadurch gegeben, dass die Stromgeschwindigkeit in dem unverstopften Rohr wegen der relativ geringeren Menge von Hemmungen grösser als in dem verstopften ist. Bleiben sich aber in beiden Fällen die an der Einflussmündung wirkenden Kräfte gleich, so muss der Kraftantheil, der zuerst auf die Geschwindigkeit verwendet wurde, nun als Spannung auftreten.

Bei einigem Nachdenken dürfte es nun gelingen, auch andere verwickelte Fälle abzuleiten, wenn die Bedingungen derselben mit hinreichender Genauigkeit gegeben sind.

5. Ströme durch elastische, leicht dehnbare Röhren*). Bis dahin sind nur Ströme durch Röhren in Betracht gezogen, deren Wandungen, wenn auch elastisch, doch so wenig ausdehnbar angenommen werden konnten, dass die Veränderung des Durchmessers, welche sie durch die Spannung der strömenden Flüssigkeit erfuhren, vernachlässigt werden konnte. Anders verhalten sich die Ströme, welche im Rohr mit ausdehnbaren Wandungen verlaufen. Indem wir zu diesen letztern übergehen, werden wir aber nicht, wie bisher, unsere Untersuchung beschränken auf Ströme von einer während der Beobachtungsdauer gleichbleibenden Spannung und Geschwindigkeit, sondern zugleich Ströme, in denen diese beiden Eigenschaften veränderlich sind, in Betracht ziehen.

a. Gleichmässige Ströme in ausdehnbaren Röhren. Wenn wir voraussetzen, dass das elastische Rohr vor Beginn des Stroms in Ruhe gewesen sei, mit andern Worten, dass es den Durchmesser und die Länge angenommen habe, welche ihm in Folge seiner elastischen Kräfte zukommen, so muss mit dem Beginn des Stromes sich der Durchmesser und die Länge des Rohrs ändern, und zwar in Folge der Spannung, welche sich jedesmal in einer Flüssigkeit entwickelt, die sich in einem von Wandungen umgebenen Raum bewegt. Der Umfang dieser Ausdehnung wird aber abhängen von der Grösse der Spannung, der Ausdehnung der Wandung und dem Werth ihres Elastizitätscoëffizienten.

Die Grösse der Spannung in der Flüssigkeit ist, wie wir wissen, zu bemessen nach den Triebkräften, welche die Flüssigkeit in Bewegung setzen, ihrer Reibung, ihrem Anstoss gegen die Röhrenwand u. s. w. — Die Ausdehnung der Röhrenflächen kommt aber in Betracht, weil hierdurch die Summe der Drücke, oder anders ausge-

*) E. H. und W. Weber, Wellenlehre nach Versuchen. Leipzig 1825. — H. Frey, Versuch einer Theorie der Wellenbewegung. Müllers Archiv. 1845. — Volkmann, Haemodynamik. p. 80. — E. H. Weber, Ueber Anwendung der Wellenlehre. Leipziger Berichte. Mathemat. physische Classe. 1851. 164.

drückt, das Gewicht bestimmt wird, welches die Röhrenwand nach Länge und Quere zieht; denn es ist dieses Gewicht gleich dem Produkt der Spannung in der Flächenausdehnung, auf welche der Druck wirkt. — Dass schliesslich die Ausdehnbarkeit in Betracht gezogen werden muss, versteht sich von selbst. Insbesondere ist aber auch noch Rücksicht zu nehmen auf die Veränderlichkeit derselben mit der wachsenden Spannung (siehe Bd. I. p. 53.) und auf die Ungleichheit der Ausdehnbarkeit nach verschiedenen Richtungen (der Länge und dem Umfang des Rohrs), wie sie sich in ungleich angeordneten, festen Massen immer vorfindet. — Die Gestalt, welche die gespannte Röhre annimmt und die Ausdehnung, welche sie unter einer gegebenen Spannung erfährt, hat Ad. Fick*) unter besonderen Bedingungen in Erwägung gezogen.

Von dem Augenblick an, in welchem der Strom in dem ausdehnbaren Rohr zu seinem Beharrungszustand, d. h. zu der Spannung und Geschwindigkeit gelangt ist, welche ihm während seiner Dauer gleichmässig eigen sein soll, wird er sich nun verhalten wie in einem festen Rohr von gleichen Dimensionen und gleichem Reibungscoëffizienten. — Der Unterschied zwischen einem Strom in der ausdehnbaren und nicht ausdehnbaren Röhre bezieht sich also wesentlich auf die dem Strom sich anpassende Ausdehnung des Rohrs. Dieses schliesst die Folge in sich, dass das Ausströmen aus dem Röhrenende nicht in dem Momente erfolgt, in dem das Einströmen in den Röhrenanfang geschah, und ebenso, dass nicht in dem Augenblick das Ausströmen aus dem Röhrenende aufhört, in dem das Einströmen in den Röhrenanfang unterbrochen wird. Man sieht den letzten für uns bemerkenswerthen Erfolg sogleich ein, wenn man erwägt, dass der Strom aus der Röhre auch nach geschlossener Einflussmündung erst dann aufhören kann, wenn sich dasselbe wieder um soviel verkürzt und verengert hat, als es durch den von der Einflussmündung her erregten Strom erweitert und verlängert worden war.

b. Ungleichmässiger Strom in ausdehnbaren Röhren. Ein Strom in leicht dehnbaren Röhren kann aus vielerlei Gründen und auf mannigfache Art ungleichförmig werden. Indem wir uns vom physiologischen Bedürfniss leiten lassen, beschränken wir uns auf die Betrachtung der Fälle, in denen eine rhythmisch wiederkehrende Steigerung oder Minderung der an der Ein- oder Ausflussmündung des Rohrs wirkenden Kräfte, die Geschwindigkeit, Spannung und den Querschnitt des Stroms nach einer regelmässigen, wiederkehrenden Zeitfolge ändern. Unsere etwas verwickelte Betrachtung zergliedern wir in der Art, dass wir die Erscheinungen, welche an der Wandung beobachtet werden, gesondert schildern von denen, welche der Flüssigkeit eigen sind. Hierbei behandeln wir jedesmal gesondert die Vorgänge, welche in zeitlicher Reihenfolge in ein und demselben Wandumfang oder Stromquerschnitt auftreten und darauf diejenige, welche gleichzeitig an verschiedenen Orten des Stromrohrs sich geltend machen.

α. Die Voraussetzungen, die wir zuerst als erfüllt annehmen, bestehen darin, dass in die Einflussmündung eines am Ausflussende stets offenen Rohrs eine mit der wachsenden Zeit veränderliche Flüssigkeitsmenge einströme. Insbesondere soll die einströmende Menge mit der Zeit so veränderlich gedacht werden, dass während der beliebigen Zeiteinheiten, in welche die ganze Stromdauer zerfällt werden kann, die in das Rohr gelangende Flüssigkeitsmenge mit dem Beginn einer jeden Zeiteinheit Null ist, von da bis zur Hälfte der Zeiteinheit zu einem Maximum anwächst, und dann in der zweiten Hälfte der Zeiteinheit wieder bis zu Null abnimmt. Die Kraft, welche

*) Med. Physik p. 79.

während dieser Zeit jeder in das Rohr geworfenen Masseneinheit zukommt, soll, wenn nicht das Gegentheil angegeben, als gleich gross angesehen werden. — Die hier verlangten Bedingungen würden u. A. verwirklicht sein, wenn man einen horizontalen Schlauch aus vulkanisirtem Kautschouk an eine steife Röhre gebunden hätte, welche in einen grossen Wasserbehälter mündete. Das Verbindungsstück zwischen dem Wasserbehälter und dem Kautschouk müsste noch mit einem Hahn versehen sein, der in regelmässiger Zeitfolge geöffnet und geschlossen würde, während das Niveau der Flüssigkeit in dem Behälter unveränderlich bliebe.

Erfahrungsgemäss erweitern und verlängern sich die der Einflussmündung zunächst gelegenen Röhrenabschnitte, während ein solches Einströmen geschieht, mit dem Ansteigen der eingeworfenen Flüssigkeitsmenge; sie verkürzen und verengern sich dagegen wiederum bis zu ihrem ursprünglichen Umfang, wenn in der zweiten Hälfte der Zeiteinheit das eingeworfene Wasserquantum wieder abnimmt. Auf dieser letztern Lage verharren sie ruhig, vorausgesetzt, dass sie nicht durch einen neuen Stoss aus derselben getrieben werden. In Folge dieser Bewegung der Wandtheilchen von dem Ort, den sie bisher einnahmen, zu einem andern und ihrer Rückkehr zu der alten Stelle, verändert sich zugleich die Spannung zwischen zwei zunächst gelegenen Theilchen, entsprechend der Ausdehnung und dem Ausdehnbarkeitsmaass der erweiterten Wandungen. — Die so eben geschilderte Bewegung in den Wandtheilchen, welche der Einflussmündung zunächst gelegen sind, pflanzt sich nun allmählig durch das ganze Rohr hindurch fort in der Art, dass die von der Einflussmündung entfernten Theilchen immer etwas später gerade die Wegrichtung einschlagen, in welcher kurz vorher die vor ihnen liegenden gingen, so dass nach der Ausflussmündung hin die Wand immer noch in Bewegung begriffen ist, wenn sie an der Einflussmündung schon zur Ruhe kam. Bekanntlich nennt man eine solche Bewegung eines jeden Punktes eine Schwingung, die Gesammtheit aller durch einen Stoss von bestimmter Dauer gleichzeitig in Bewegung gesetzter Theilchen aber eine Welle. — Die Länge des Wegs (der Schwingungsumfang), welchen jeder einzelne Wandtheil bei einer Wellenbewegung zurücklegt, wächst mit der Nachgiebigkeit der Röhrenwand, mit der Geschwindigkeit und dem Volum der eingestossenen Flüssigkeit (d. h. der Stärke des Stosses, den das Theilchen empfangen kann) und den Widerständen für die Fortbewegung der letzteren im Rohre. — Obwohl sich nun, wie wir erfuhren, die Schwingung, welche ein einzelnes Theilchen ausführt, mit der Zeit verbreitet über alle übrigen, so erreicht sie doch nicht überall denselben Umfang; insbesondere steht fest, dass die Röhrenstücke, welche von der Flüssigkeit zuerst gestossen werden, eine grössere Ausdehnung erfahren, als diejenigen, welche gegen die Ausflussmündung liegen; oder anders ausgedrückt, es nimmt die Excursion der Welle von der Einfluss- zur Ausflussmündung des Rohrs allmählig ab. Diese Abflachung der Welle bei ihrem Fortschreiten ist in engen und gespannten Böhren merklicher, als in weiten (E. H. Weber). — Die Zeit, welche vergeht zwischen dem Auftreten der Bewegung an einem gegebenen Orte und einem andern von bekannter Entfernung (Fortpflanzungsgeschwindigkeit) scheint nur innerhalb enger Grenzen abhängig zu sein von der Spannung der Wandung. Man schliesst hierauf aus den Beobachtungen von E. H. Weber, wonach in einem vulkanisirten Kautschoukrohr von 27,5 MM. Durchmesser der von der Wellenbewegung in der Sekunde durchlaufene Weg 11,470 Meter betrug, gleichgiltig, ob das Rohr unter dem Druck einer 3,5 oder 0,008 Meter hohen Wassersäule gespannt war. In einem Schaafdarm fand er dagegen die Fortpflanzungsgeschwindigkeit so gering, dass der Weitergang der Welle mit dem Auge beobachtet werden konnte; ähnlich wie im letzteren Fall verhält

sich auch die Sache in einer weiten, dünnwandigen Kautschoukröhre. — Die Fortpflanzungsgeschwindigkeit ist, wie besonders hervorzuheben, an den dickwandigen Kautschoukröhren unabhängig von dem Volum und der Geschwindigkeit der in das Rohr gestossenen Flüssigkeit. — Die Länge der Welle, oder der Abstand jener Wandtheilchen, welche genau in derselben Bewegungsphase, z. B. auf dem Maximum ihrer Erhebung, begriffen sind, ist abhängig von der Zeitdauer, während welcher der Stoss wirksam ist, und der Fortpflanzungsgeschwindigkeit.

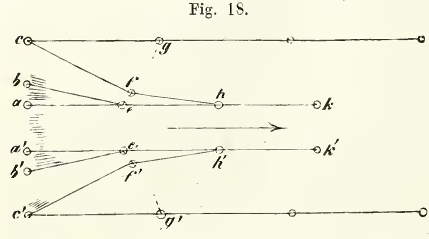
Die Richtung, nach welcher sich die Wassertheilchen in Folge des wellenerzeugenden Stosses in der Röhre bewegen, kann niemals der Längenachse dieser letzteren parallel laufen, weil sich die Röhre erweitert und verengert, indem die Flüssigkeit in sie und aus ihr dringt; die Abweichung der Bewegungsrichtung von der gradlinigen wird aber nur in dem besondern Fall bedeutend sein, wenn die Widerstände, welche die Flüssigkeit nach der Längenachse des Rohrs findet, auffallend sind, während zugleich die Wand sehr nachgiebig ist. — Die Geschwindigkeit, welche dem einzelnen Theilchen, während es in einer Welle schwingt, zukommt, ist eine mit der Zeit veränderliche. In allen Fällen nimmt die Geschwindigkeit der Wassertheilchen an der Grenze zwischen dem elastischen und dem steifen Zuflussrohr mit der steigenden Oeffnung des Hahns zu und mit der beginnenden Schliessung wieder ab. Diese von Null zu einem Maximum aufsteigende und von da wieder zu Null abfallende Geschwindigkeit verbreitet sich nun allmählig durch den Inhalt des Rohrs und zwar den Gesetzen der Stossübertragung entsprechend, so dass in dem Maasse, in welchem neue Massen nach der Seite der Ausflussmündung hin in die Bewegung eintreten, andere bisher in ihr begriffene zur Ruhe kommen. Indem sich nun die Bewegung vom Anfang zum Ende des Wellenrohrs fortpflanzt, ändern sich aber die Unterschiede in der Geschwindigkeit, welche dem einzelnen Theilchen zu verschiedenen Zeiten zukommen, und zwar beobachtungsgemäss in der Art, dass mit dem Fortschreiten der Bewegung das Maximum der erreichten Geschwindigkeit geringer wird, mit andern Worten, es nähert sich die ungleichförmige Bewegung mehr und mehr der gleichförmigen an; diese Umwandlung der Bewegungsart geschieht, soweit wir wissen, in engen Röhren vollkommener, als in weiten. — Die Grösse des Wegs, welchen ein Theilchen nach der Längenachse des Rohrs zurücklegt, ist abhängig von dem Verhältniss des eingeworfenen Flüssigkeitsvolums zu der Räumlichkeit des Röhrenquerschnitts. Da nun das über die Wellenlänge und der Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Wandtheilchen Ausgesagte zusammenfällt mit demjenigen des Röhreninhalts, indem die betreffenden Verhältnisse der letzteren die der ersteren bedingen, so ist es klar, dass die einzelnen Flüssigkeitstheilchen in der Zeiteinheit einen viel kürzeren Weg zurücklegen, als die Welle selbst. So wird z. B., wenn wir annehmen, es sei in einer Sekunde so viel Flüssigkeit in das Rohr, wie es Weber benutzte, geworfen, dass sein Inhalt um 0,1 M. vorwärts geschoben worden wäre, in dieser Zeit die Bewegung durch Mittheilung des Stosses von einem zum andern Querschnitt um 11,7 M. fortgeschritten sein. — Mit der Bewegung der Flüssigkeitstheilchen findet sich aber zugleich auch eine Spannung zwischen ihnen ein, die aus bekannten Grundsätzen mit der steigenden Geschwindigkeit zunimmt. Somit wandert auch durch die Flüssigkeit allmählig eine zu- und abnehmende Spannung, wenn eine Wellenbewegung durch dieselbe läuft.

Nachdem wir uns das Wesentlichste des Thatsächlichen bemerkt haben, welches in einem möglichst einfachen Wellenschlauch vorgeht, wenn er von einer sog. Bergwelle durchlaufen wird, wollen wir den inneren Zusammenhang der Erscheinungen, insofern er für die Welle des Schlauchs ein besonderer ist, klar zu machen suchen.

— Die erste Frage, welche wir uns vorlegen, besteht darin, warum und wie erweitert sich durch die eingeworfene Flüssigkeit der Schlauch, und auf welchem Wege kommt das Fortschreiten der Erweiterung zu Stande, während die zuerst bewegten Stellen annähernd in ihre erste Lage zurückkehren, um dort in Ruhe zu verharren.

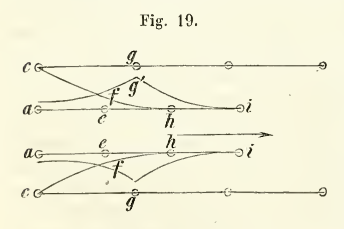
Nehmen wir an, es sei in die schon angefüllte Röhre aa' kk' (Fig. 18.) von Neuem Flüssigkeit eingestossen, welche im Beginn des Einflusses über den ersten, in horizontaler Richtung nicht verschiebbaren Querschnitt aa' hinaus nach ee' gedrungen sei, so muss sich aus bekannten Gründen eine von e nach a zunehmende Spannung entwickeln. Dem entsprechend wird sich das Wandtheilchen a auf den Weg nach c hin begeben und nach Beendigung des ersten Augenblicks etwa in b angelangt sein. Dringt nun im zweiten Augenblick abermals ein Strom durch den Querschnitt bb' so muss sich zwischen b und e die Flüssigkeit beträchtlich mehr spannen, als dieses im ersten Augenblick der Fall war. Denn einmal bestehen alle frühern Gründe für das Entstehen der Spannung und dann aber ist auch jetzt die Wand schräg gegen die Stromrichtung gestellt. Indem also b wiederum gegen c aufsteigt, wird es während derselben Zeit in dieser Richtung einen grössern Weg zurücklegen, als vorher; wie wollen annehmen es gelange auf cc'. Die nothwendige Folge des andauernden Einströmens von a her ist aber die, dass sich die Flüssigkeit über ee' etwa nach hh' hin verbreitet; auch in diesem Abschnitt des Stroms wird sich eine Spannung einstellen, welcher im zweiten Augenblick des Stroms ungefähr der Werth zukommen wird, den bb' ee' im ersten besass. —

Fig. 18.



Gesetzt, wir hätten nun aber, als das Rohr in Fig. 19. die Gestalt cfh cfh angenommen hatte, die Einflussmündung bei cc geschlossen, so ist es zunächst klar, dass ein Strom in der Richtung des Pfeils statt finden muss, da bei cc eine beträchtliche, bei hh aber gar keine Spannung stattfindet. Ueberlegt man sich aber genauer, wie sich die Kräfte verhalten in den Querschnitten, die man durch die Punkte cc, ff, hh, des Rohrs legen kann, sieht man ein, dass die Unterschiede der Spannungen zwischen ff' und cc' grösser, als zwischen hh' und ff' sind. Da sich nun auch zugleich das Rohr von c nach h verengt, so ist auch die Mündung, durch welche die Flüssigkeit von c nach f strömt, weiter als die, durch welche sie von f nach i ausfliesst. Es sind also hinreichende Gründe dafür vorhanden, dass mehr Wasser nach f hin-, als von f wegströmt.

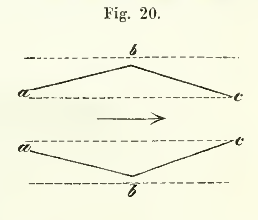
Fig. 19.



Wenn sich somit die Flüssigkeit in f anhäuft, so muss auch der Punkt f nach g hin steigen, während c gegen a hin zurückgeht. — Dieses Zurückgehen des Punktes von c nach a und das Aufsteigen des Punktes f nach g hin muss aber so lange dauern, bis in dem Querschnitt ff die in der Richtung von ac wirksamen Kräfte denen in

der Richtung *e h* thätigen das Geichgewicht halten. Dieses ist aber offenbar noch nicht eingetreten, wenn die elastische Spannung des Kreisumfangs, auf dem *f f* liegen, gleich ist derjenigen, welcher *c c* angehören. Denn es haben dann noch die Punkte *c c* eine Geschwindigkeit nach der Röhrenachse hin, während die Punkte *f f* eine solche nach *g g* hin besitzen, so dass demnach wegen der Beharrung beide Stücke noch eine Zeitlang in entgegengesetzter Richtung gehen. Dem entsprechend wird sich die Röhre der Form *a g i* annähern. — Hat nun aber einmal das Rohr diese Stellung (Fig. 20.) angenommen, so wird die Vertheilung der Kräfte in ihm etwa folgende sein. Auf dem Querschnitt *b b* kommt der Flüssigkeit wegen des ursprünglich empfangenen Stosses eine Geschwindigkeit zu in der Richtung des Pfeils, und ausserdem hat sie eine Spannung, vermögen deren sie ebensowohl nach *a a*, als nach *c c* getrieben wird. Die Strömung nach *a a* wird gehemmt durch die in entgegengesetzter Richtung wirkende Geschwindigkeit, die Strömung nach *c c* wird dagegen durch dieselbe Geschwindigkeit unterstützt und es wird somit ein beschleunigter Strom nach *c c* gehen, während die Flüssigkeit in *a a* zur Ruhe kommt. Die an diesem Ort beruhigte Flüssigkeit wird jedoch einen merklichen Grad von Spannung mehr besitzen, als er ihr vor Einleitung des Stroms eigen war, und darum wird auch das Rohr hier um etwas weiter bleiben, wenn auch die Bewegung von da nach dem Röhrenende weiter fortgeschritten ist.

Fig. 20.

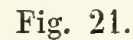


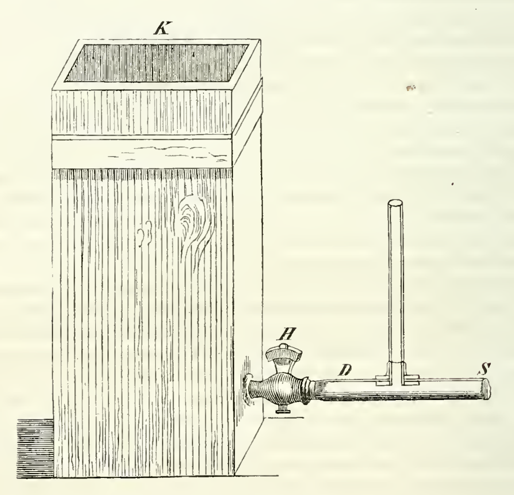
Eine zweite Erscheinung, auffallend für eine Beugungswelle des Wassers, besteht darin, dass die Fortleitungsgeschwindigkeit unabhängig von dem Volum der eingestossenen Flüssigkeit, von der Geschwindigkeit des einzelnen Flüssigkeitstheilchen, und in weiten Grenzen auch unabhängig von der Wandspannung ist. Wir sind hiermit gezwungen, das Rohr und seinen Inhalt als ein zusammengehöriges Stück aufzufassen, in dem die Welle nach Art der Schallwellen fortschreitet. Wie man sich das Zustandekommen dieser Erscheinung aber zu denken habe, ist schon früher Bd. I. p. 355 auseinandergelegt. Wenn aber das Rohr sehr nachgiebig wird, sodass gleichsam das in ihm enthaltene Wasser mit einer freien Oberfläche versehen ist, so müssen nun auch auf das Fortschreiten der Welle im Wasser die Gesetze giltig sein, welche E. H. und W. Weber in ihrer Wellenlehre *) dafür entwickelt haben.

Die Gründe, weshalb sich die Welle während ihres Fortgangs durch das überall gleichgestaltete Rohr abflacht, können allgemein nur darin liegen, dass die Geschwindigkeit der Wassertheilchen, welche sich jeweilig an einer Welle betheiligen, in einer Abnahme begriffen ist, denn nur hiervon kann eine Aenderung in der Spannung abhängig sein. Diese Verminderung der Geschwindigkeit kann und wird, wie es scheint, auf zweifache Weise zu Stande gebracht werden. Einmal verlangsamt sich das schwingende Theilchen darum, weil sich wegen der Aenderung des Röhrenquerschnitts das Volum der Welle beim Fortgang durch das Rohr vergrössert; da nun aber die Welle nur über ein bestimmtes Kraftmaass disponirt, so muss nothwendig die Geschwindigkeit des einzelnen Theilchens abnehmen, wenn die Zahl der bewegten zunimmt. Neben diesem Grunde, der auf einer andern Vertheilung der lebendigen Kräfte beruht, steht ein anderer, der sich von einem Verlust an Kräften herschreibt. Dass bei der Bewe-

*) p. 166.

gung des Wassers in einem Wellenschlauch Verlust an Kraft stattfinden muss, ergiebt sich daraus, weil auch hier eine Fortbewegung des Wassers an den Wandungen, also Reibung, statt findet, weil sich die einzelnen Wassertheilchen im Innern des Rohrs mit ungleicher Geschwindigkeit bewegen, sich also von einander losreissen müssen und endlich, weil sich die Theilchen der Wandung gegeneinander bewegen, wobei ebenfalls Kräfte durch innere Reibung verbraucht werden. — In Ermangelung einer Theorie hat Volkmann Versuche angestellt, um die Beziehungen zu ermitteln, welche bestehen zwischen der mittleren Spannnung und der mittleren Geschwindigkeit. Zu diesen bediente er sich der in Fig. 21. dargestellten Einrichtung. K stellt einen


Fig. 21.



Wasserbehälter vor, in dessen einer Seitenwand nahe über dem Boden ein mit einem Hahn verschliessbares Rohr H eingefügt ist; an dieses Rohr ist ein Darmstück D eingebunden, in dessen Seitenwand eine senkrechte Glasröhre angebracht ist, deren Lumen sich in der Darmhöhle öffnet. An das Ende des Darms S ist ein messingenes Ausflussrohr eingefügt. Nachdem der Behälter bis zu einer beliebigen, aber genau bekannten Höhe mit Wasser gefüllt ist, öffnet und schliesst man in regelmässiger Wiederkehr den Hahn, sodass das Wasser in steigender und abnehmender Menge in den Darm eindringt. Wenn der Spiegel des Wassers auf gleicher Höhe erhalten wird und die Umdrehung des Hahns nach einer sich gleichbleibenden Regel geschieht, so geht durch den Schlauch eine Reihe gleichgearteter Wellen, und in Folge dessen wird die Spannung, welche in H abgelesen werden kann, und der Ausfluss aus der Mündung S innerhalb bestimmter Grenzen schwanken. Kennt man nun das Flüssigkeitsvolum, welches in der Zeiteinheit aus dem Rohr strömt, so erhält man daraus auch sogleich die mittlere Geschwindigkeit der Flüssigkeit in der Oeffnung. Indem man die Mitte nimmt aus dem

höchsten und niedersten Stand der Flüssigkeit in der spannungsanzeigenden Glasröhre, erhält man auch zugleich die mittlere Spannung in dem Darm an der Stelle, in welcher die Glasröhre eingefügt war. Indem Volkmann diese beiden mittleren Werthe bei verschiedenen mittleren Geschwindigkeiten, oder was dasselbe bedeutet, für ungleich hohe Wasserstände in dem Kasten verglich, kam er zu der Regel, dass sich für jedes Darmrohr zwei Coëffizienten a und b finden lassen, welche die Spannung in diesem angeben, wenn man den einen von ihnen mit der einfachen Geschwindigkeit und den andern mit dem Quadrat derselben multiplizirt. Mit Zeichen ausgedrückt war also, wenn ω den mittleren Spannungsunterschied in der Längeneinheit und v die mittlere Geschwindigkeit bedeutet, $\omega = a v + b v^2$. Es kann demnach, wie man sieht, der Zusammenhang zwischen Spannung und Geschwindigkeit auf scheinbar denselben Ausdruck gebracht werden, welcher ihn auch für steife Röhren und parallele Ströme darstellte. — Diese Uebereinstimmung hat insofern nichts Auffallendes, als hier wie dort die hemmenden Ursachen (Reibung und Stösse) zugleich in dem einfachen und dem quadratischen Verhältniss der Geschwindigkeit steigen. Der Unterschied zwischen beiden Vorgängen muss dagegen in dem Coëffizienten gelegen sein.

β. Die zweite Bedingungsreihe, durch welche wir eine Flüssigkeitsbewegung in einem dehnbaren Schlauche ungleichmässig zu machen gedachten, würde z. B. erfüllt sein: durch die Anwesenheit eines durch Flüssigkeit ausgedehnten elastischen Schlauchs, der an beiden Enden verschlossen wäre, aber an einem von beiden auf beliebige Weise, z. B. durch einen eingesetzten Hahn, vorübergehend geöffnet werden könnte; oder auch dadurch, dass man an der Ausflussmündung eines elastischen Rohres, welches von einem constanten Strom durchflossen wird, wechselnd eine Erweiterung oder Verengerung von beträchtlichem Umfang anbringt. Der Einfachheit wegen wenden wir uns zu dem Apparat mit ursprünglich ruhender, aber gespannter Flüssigkeit. Gesetzt, es sei das bis dahin geschlossene Rohr *AA*, *BB* (Fig. 22.) bei *BB* plötzlich geöffnet, und nachdem eine kleine Flüsssigkeitsmenge ausgeflossen sei, wieder geschlossen worden, so nimmt das Rohr erfahrungsgemäss während der kurzen Zeit des Ausfliessens die Form *AA*, *CC* an. Nach dem Schluss der Mündung strömt nun aus dem nächst gelegenen Stück des Rohrs, welches höher als das Ende gespannt ist, Flüssigkeit in dieses abgespannte Ende, sodass, während sich dieses letztere wieder anfüllt, das erstere zusammenfällt. Es geht somit, wie in Fig. 23. dargestellt ist, die Abspannung in der Richtung des Pfeils *AA* durch die Röhrenwand fort, während die Flüssigkeit durch das Rohr in der entgegengesetzten Richtung nach der des Pfeils *B* weiter bewegt wird. Diese Welle, welche im Gegensatz zu der früher beschriebenen mit einer Einbiegung des Rohrs verbunden ist, nennt man die negative oder die Thalwelle. Die Erscheinungen, welche diese Welle ausserdem noch bietet, und somit auch die Theorie derselben, treffen ganz zusammen mit denen der Bergwelle, wie man nach einer kurzen Ueberlegung einsehen wird.

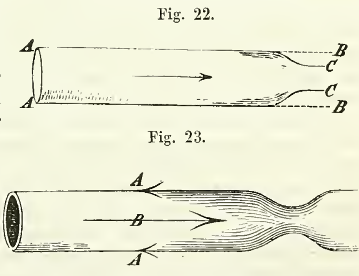


Fig. 22.

Fig. 23.

Da auf die Wellen des Schlauches alle allgemeinen Grundsätze, nach welchen die Wellenbewegung zu beurtheilen ist, anwendbar sind, so müssen nothwendig auch die Reflexion, die Beugung und das Durcheinanderschreiten beobachtet werden. In dem letztern Fall wird eine Steigerung oder Verminderung des Bergs oder des Thals eintreten können, je nachdem durch das Rohr gleichartige oder ungleichartige (Berg- und Thalwellen) laufen.

E. H. Webers Schema des Blutkreislaufs. —

Nach allem diesen wird es, bevor wir die Erscheinungen des Blutlaufs selbst schildern, noch von Nutzen sein, das lehrreiche Schema desselben, welches E. H. Weber gegeben hat, zu erklären. Dieses (Fig. 24.) setzt sich aus zwei elastischen Röhren zusammen, einer kürzeren *a c* und einer längeren *b d e*. Jede dieser beiden Röhren ist an dem einen ihrer Enden mit einem Röhrenventil versehen, dessen Einrichtung durch Fig. 25. dargestellt wird. Ein solches Ventil wird hergestellt, indem man zwei steife Röhren *a* und *b* ineinander steckt; an die innerste derselben *a a* ist ein Darmstück *c* angebunden, von dessen freiem Rand die Fäden ausgehen, die an der äussern Röhre angeknüpft sind; verläuft in den

Fig. 25.

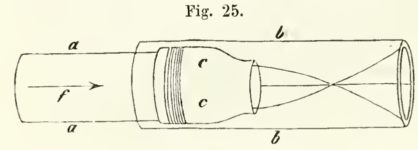
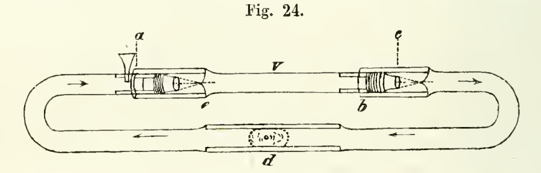


Fig. 24.



Röhren ein Wasserstrom, so wird er je nach seiner Richtung das Ventil *c c* schliessen oder öffnen, und zwar wird das letztere geschehen, wenn der Strom nach der Richtung des Pfeiles *f*, das erstere, wenn er in umgekehrter Richtung geht. Damit bei diesen verschiedenen Strömen der Rand des Ventils nicht in *b* eingestülpt, oder genau an *b b* angepresst werde, sind die Fäden an Ränder angeknüpft, welche dem Spielraum der Bewegung gewisse Grenzen anweisen. Kehren wir nun zurück zu Fig. 24. Die beiden Darmstücke, das kürzere und das längere, werden so in einander gesteckt, dass die Ventile einen fortlaufenden Strom durch den in sich zurücklaufenden Bogen *a e d* gestatten, wie ihn in unserer Figur die kleinen Pfeile anzeigen. Darauf wird durch eine verschliessbare Seitenöffnung, z. B. den Trichter bei *a*, der Darm bis zu einem bestimmten Grade mit Wasser gefüllt. Drückt man, nachdem dieses geschehen ist, das freiliegende Stück *v* der kurzen Darmabtheilung zusammen, so wird sein Inhalt, da er nach *e* hin nicht ausweichen kann, durch *c* in die grosse Röhre treten und in dieser eine fortschreitende Bergwelle erzeugen, welche in der Richtung des Pfeils nach *a* hin laufend, successiv die Flüssigkeit in dieser Richtung weiter führt. Löst man nun aber den Druck, welchen man auf *v* angebracht hatte, plötzlich, so wird die Flüssigin diesen Raum von der gesammten Umgebung eingedrängt; dieses wird aber, wegen der Ventile, nur von *a* nach *e* gelingen, und dadurch wird eine Beugungswelle erzeugt, die von *a* durch *d* nach *e* fortschreitet und demnach die Flüssigkeit in der Richtung

von e nach a fortführt; d. h. in derselben, in welcher sie auch durch die Bergwelle, die von e nach a lief, getrieben wurde. So kann also durch eine Wellenbewegung die Flüssigkeit in einer in sich geschlossenen Röhre herumgeführt werden. Vorausgesetzt nun, dass das Lumen des Darmrohrs überall von normaler Weite sei, so werden sich die in ihm erregten Wellen sehr rasch durch das ganze Rohr hindurch verbreiten und sich somit auch die Ungleichheit in der Spannung, welche durch das Zusammenpressen von v eingetreten war, ausgleichen. Bringt man dagegen irgendwo im Lichten eine Verengerung an, z. B. dadurch, dass man bei d einen Badeschwamm einlegt, so wird die von e herkommende Flüssigkeit nur sehr allmählig über die verengerte Oeffnung hinausdringen; die Welle aber wird, wenn die Oeffnungen in dem Badeschwamm eng und wenig zahlreich sind, sich gar nicht über d fortpflanzen. Wenn aber die Flüssigkeitsmenge, welche in das Röhrenstück $e\ d$ geworfen ist, sich nicht sogleich wieder aus ihm entleeren kann, so muss sie sich in seinem Raum vertheilen und die Spannung seiner Wand erhöhen. Umgekehrt muss dagegen in dem Stück de die Spannung abnehmen, weil dieses einen Theil seines Inhalts in das vorhin entleerte v geworfen hat. Vermöge dieses Spannungsunterschiedes wird nun auch ein Strom durch d hindurch, von $e\,d$ nach de gehen und zwar so lange, bis die Spannung beider gleich geworden ist, ein Strom, der somit auch noch fortdauert, wenn längst die Welle verschwunden ist.

In dem Rohr besteht, bevor irgend eine Welle darin erregt worden ist, durch die Anfüllung desselben eine Spannung, die in jedem Ort der Röhre und somit auch überall in der Wandung gleich ist. Die Summe dieser Spannungen, welche auf der Wand lastet, wird demnach zu finden sein, wenn der auf ihrer Flächeneinheit ausgeübte Druck (p) multiplizirt wird mit der Anzahl der Flächeneinheiten (q), die sie enthält. Wird nun eine Welle erregt dadurch, dass die Wand an einer Stelle zusammengepresst wird, so muss sich diese an andern erweitern; und weil eine Ausdehnung oder ein Zusammendrücken der Wand gleichbedeutend ist mit einer Ent-, resp. einer Belastung, so müssen nun die Spannungen, die auf verschiedenen Orten der Wandung liegen, ungleich werden. Belegen wir nun die verschiedenen Spannungen mit p', p'' u. s. w. und die Wandflächen, auf denen die bezeichneten Spannungen vorkommen, mit q', q'' u. s. w. — so wird die Summe der veränderten Spannungen gleich sein der Summe $q'\,p' + q''\,p''$ u. s. w. — Es ist nun die Frage, ob $q'\,p' + q''\,p'' \gtreqless p\,q$ sei, oder mit Worten, ob die Summe der Spannungen in dem Rohre nach der eingeleiteten Wellenbewegung im Vergleich zur früher bestandenen sich unverändert erhalten, vergrössert oder verkleinert habe. Diese Frage ist leicht zu entscheiden. Da die wässerigen Flüssigkeiten sich nicht merklich zusammendrücken lassen, so wird das Volum derselben vor und nach ihrer Lagenveränderung unverändert geblieben sein. Setzen wir also voraus, dass R der mittlere Durchmesser des Rohrs vor der Umlagerung der Flüssigkeit gewesen sei, und dass L die Länge desselben sei, dass aber $R + r$ und l die gleichen Bedeutungen für das durch die Umlagerung erweiterte; $R - \varrho$ und l' aber dieselben Eigenschaften des abgespannten Stückes besitzen, so muss $(R - \varrho)^2 \pi\ l' + (R + r)^2 \pi\ l = R^2\ \pi\ L$ sein. Nehmen wir nun der Einfachheit wegen an, dass $l = l'$*) und somit $L = 2l$ sei, so ändert sich nach Weglassung von l und π, welche allen Gliedern zukommen, die Gleichung in $(R - \varrho^2) + (R + r)^2 = 2\ R^2$. Setzt man in

*) Eine Unterstellung, die wegen der annähernd gleichen Länge des Venen- und Arteriensystems für das Schema des menschlichen Kreislaufs gemacht werden darf.

diesem Ausdruck $\varrho = r$, so führt derselbe zu der widersinnigen Behauptung, dass $o = 2 r^2$ sei. Daraus geht also hervor, dass die Zunahme der Peripherie in der gespannteren Seite nicht so gross sein kann als die Abnahme in dem abgespannten. Führt man nun die Betrachtung in ähnlicher Weise weiter, so kommt man auf die Folgerung, dass wenn die Radien der beiden Stücke von Anfang an ungleich gewesen sind, und dann aus dem engern Rohr Flüssigkeit in das weitere geworfen wird, in diesem letzteren eine absolut geringere Zunahme des Umfangs stattfindet, als die Abnahme des engern Rohrs beträgt, während im umgekehrten Fall (bei grossen Unterschieden) natürlich das Umgekehrte Statt finden kann. Setzt man nun die Elastizitätscoëffizienten der Wandung des engern und weiteren Rohrs einander gleich, so würde daraus folgen, dass beim Uebertritt der Flüssigkeit aus dem engen in das weite Rohr jedenfalls weniger spannende Kräfte verbaucht wurden, als im umgekehrten Fall. Aus dieser Betrachtung werden wir demnächst ableiten, dass beim Uebertritt des Bluts aus dem weitern Venensystem in das engere arterielle ein beträchtlicher Antheil der Herzkraft zur Spannung des Bluts verbraucht werden muss.

In den zunächst folgenden Stücken werden im Gegensatz zu einer natürlichen Anordnung des Stoffs, das Herz und die Gefässe vorab, losgetrennt aus dem logischen Zusammenhang behandelt. Da dieses ohne Eintrag für das Verständniss geschehen kann, so mögen Gründe der Zweckmässigkeit die Inconsequenz entschuldigen.

Das Herz und seine Bewegungen.

I. Inhalt der Herzkammern. Das Blut, welches die beiden Herzkammern eines Erwachsenen im erschlafften Zustand fassen kann, schätzt man nach den genauesten Messungen von Krause*) auf 170 Gr. Volkmann**) bestimmt die Blutmenge, welche durch eine Zusammenziehung von mittlerem Umfang aus einem Ventrikel von mittlerer Räumlichkeit in die Gefässe entleert wird, bis zu 188 Gr., Vierordt***) zu 180 Gr. In Anbetracht dessen, dass es sich hier nur um Mittelzahlen handelt, ist die Uebereinstimmung derselben um so bemerkenswerther, als die drei genannten Beobachter auf wesentlich verschiedenen Wegen zu ihrem Ziele gelangten. — In welchen Grenzen dieses Verhältniss zwischen dem mittlern Kammerinhalt und dem Körpergewicht schwanken und in wieweit der Kammerinhalt vom sogenannten mittlern, ohne die Gesundheit zu gefährden, abweichen kann, bleibt noch zu ermitteln.

Den Inhalt der Kammer bestimmt man meistentheils durch Anfüllung derselben mit Flüssigkeit. Da das Herz einen elastischen Beutel darstellt, so wird sein Inhalt veränderlich sein mit dem Druck, unter dem es gefüllt ist, der Ausdehnung, der Dicke dem Elastizitätscoëffizienten seiner Wandung und endlich mit dem Widerstand seiner

*) Krause, Handbuch der menschlichen Anatomie. 2. Aufl. I. 787.

**) Haemodynamik nach Versuchen. Leipzig 1850. p. 206.

***) Die Erscheinungen und Gesetze der Stromgeschwindigkeiten. 1858. p. 103.

Umgebung. Sollten also die Ausmessungen des Cubikinhaltes seiner Höhle werthvoll sein, so müssten sie am todten aber noch nicht todtenstarren Herzen als eine Funktion dieser Umstände bestimmt werden und darauf müsste man zu ermitteln versuchen, unter welchem Druck u. s. w. das lebende Herz gefüllt wird, wenn man die Ergebnisse des todten auf das lebende Herz übertragen wollte. Dieses ist bis dahin nicht geschehen, somit geben die Beobachtungen nur angenäherte Werthe. — Volkmann*), der, wie wir erfahren werden, die mittlere Geschwindigkeit des Blutes in der Aorta schätzen lehrte, benutzte diese Beobachtung zur Erledigung der wichtigeren Frage, wieviel Blut mittelst eines jeden Herzschlags aus der linken Kammer getrieben wird. Kennt man nun die Weite der Aorta, die Geschwindigkeit, mit welcher sich das Blut in ihr bewegt, so weiss man natürlich, wie viel Blut das Herz in einer gegebenen Zeit, z. B. in der Minute, entleert; daraus berechnet sich nun auch gleich die Menge, welche jeder einzelne Herzschlag liefert, wenn man die Zahl der Herzschläge in dieser Minute gezählt hat. Nachdem er eine grössere Zahl von solchen Beobachtungen an Hunden, Schafen, Ziegen und Pferden ausgeführt hatte, verglich er das Gewicht einer Ventrikelentleerung mit dem eigends ermittelten Gesammtgewicht der Beobachtungsthiere. Diese Vergleichung führte zu dem Ergebniss, dass mit Ausnahme von zwei ganz abweichenden Fällen das aus dem linken Ventrikel entleerte Blutgewicht den 0,003 bis 0,002ten im Mittel also den 0,0025ten Theil vom Gesammtgewicht des Thiers ausmachte. Erlaubt man sich nun diese Verhältnisszahl auf den mittlern erwachsenen Menschen zu übertragen, dessen Gewicht zu 75 Kilogramm angenommen werden kann, so gelangt man zu obiger Annahme. — Vierordt legt seiner Schätzung zu Grunde die von ihm bestimmte mittlere Geschwindigkeit der Carotis, und die von Krause und ihm gemessenen Querschnitte der Art. carotis, subclavia, anonyma und des Arc. aortae, des Menschen und die Voraussetzung, dass sich die mittleren Geschwindigkeiten umgekehrt wie die Querschnitte verhalten.

Ueber das Verhältniss des Rauminhaltes der beiden Kammern eines und desselben Herzens lässt sich mit Wahrscheinlichkeit aussagen, dass die rechte Kammer etwas mehr Blut zu fassen vermöge, als die linke. Hierfür sprechen wenigstens die Ausmessungen des todten Herzens, denn wenn die beiden Herzhälften selbst unter Wasser, also mit Vermeidung alles Druckes, gefüllt wurden, so ergab sich doch constant ein Uebergewicht des rechten Inhaltes über den linken. — Dagegen muss der Theil des Inhalts, welcher während des Lebens in das Gefässsystem strömt, für beide Ventrikel derselbe sein; denn es entleert sich ja mit mancherlei Umwegen schliesslich der eine Ventrikel in den andern, und somit würde eine Anhäufung des Bluts rechts oder links geschehen, wenn nicht fortwährend aus beiden Höhlen gleichviel ausgestossen würde. —

2. Anordnung und Wirkung der Muskelröhren**). Die Vorhöfe werden bekanntlich von einer dünnen, nicht überall

---

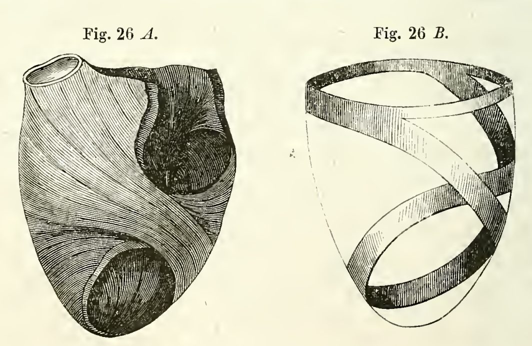
*) Haemodynamik nach Versuchen. Leipzig 1850. p. 206.

**) C. Ludwig, Henle u. Pfeuffers Zeitschrift. VII. 189. — Donders Physiologie des Menschen I. Bd. 1. pag. 14. u. f. — Kölliker, mikroskopische Anatomie. II. Bd. 483. — Cha-

vollständigen Lage von Muskelmasse umzogen, die an keinem Orte in die Muskeln der Kammern übergeht (Donders); an einzelnen Stellen läuft die Faserung annähernd parallel, an andern senkrecht mit der Längenachse des Herzens, nur an wenigen Orten kommen gleichzeitig Fasern von beiden Richtungen vor. Die Fasern beider Vorhöfe gehen an der vordern Fläche ineinander über. An den Venenmündungen finden sich Ringfasern. Nach allen diesen müssen bei der Muskelverkürzung die Vorhöfe zusammengezogen werden; die Höhle eines jeden einzelnen Vorhofs kann nicht überall in zwei aufeinander senkrechten Ebenen verengert werden; der Durchmesser der Venenmündungen wird verkleinert, derjenige der arteriellen (ostia atrioventricularia) bleibt dagegen unverändert.

Die Kammern. a. Ihre Fasern gehen nur in Sehnen über, entweder geradezu in dem fibrösen Kranze, welcher die an der Kammerbasis gelegenen Oeffnungen umgiebt, oder in solche, welche in diesem Kranze ein Ende nehmen. Zwischen diesem Anfang und Ende umspannen sie jedesmal eine, öfter auch zwei Kammern, sie bilden also Schleifen, die, wie die freilich unvollkommene Herzpräparation wahrscheinlich macht, häufig sogar in sich zurücklaufen,

Fig. 26 *A.* Fig. 26 *B.*



indem Ursprung und Ende einer Faser an demselben Ort zu liegen scheinen. — b. Für sehr viele Fasern ist es sehr wahrscheinlich, dass sie nicht blos mit einfacher, sondern mit doppelter Schlinge den Herzkegel umschliessen, indem sie einen 8förmigen

veau u. Faivre. Gazette médicale de Paris 1856. 407. — Hammernik, das Herz u. seine Bewegungen. Prag 1858.

Umgang machen wie dieses die schematischen Figuren 26 *A.* und *B.* andeuten. Die von links nach rechts gehenden Richtungen dieser Fasern liegen im Allgemeinen näher gegen die äussere Herzoberfläche, die umgekehrt laufenden aber näher gegen die Höhlenoberfläche. Zu dem scheint noch die Anordnung zu gelten, dass die oberflächlichsten Fasern, welche rings an der Herzbasis (gleichgiltig, ob von dem Rand des Ostium venosum dextrum, oder sinistrum) entspringen, durch den an der Spitze des linken Herzens gelegenen Wirbel hindurch auf die innere Oberfläche des linken Ventrikels dringen, und an dieser emporlaufen. — c. Die zunächst den Herzoberflächen gelegenen Fasern laufen am meisten steil, und sie sind die einzigen, welche die Herzspitze erreichen, die Fasern aber, welche mehr im Innern der an der Basis dickern Herzwand liegen, verlaufen weniger steil. — d. Aus dem bisher angegebenen Verhalten folgt, dass an allen Orten der Kammerwandung sich Fasern von der verschiedensten Richtung finden, wie dieses an dem in Fig. 27. dargestellten Schema durch die gezeichnete Faser uns versinnlicht wird. Die Fasern von der Richtung, welche *a* enthält, verlaufen zunächst unter dem Pericardium, diejenigen, welche dem Zuge *f* folgen, grenzen an das Endocardium an. — e. Ein grosser Theil von den Fasern, welche der Herzhöhle zunächst laufen, erreicht sein Ende in Sehnen, welche erst durch die Klappen hindurch zu den sehnigen Rändern der venösen Kammermündungen gelangen. — Mehrere solcher auf der innern Herzfläche frei hervorragender Muskelenden (Papillarmuskeln), deren Zusammenhang mit den äussern Fasern Fig. 28. erläutert, convergiren gegeneinander (*a b*). Sie können somit als Stücke eines unvollkommen vorhandenen inneren Herzkegels angesehen werden, der seine Spitze nach der Basis des äussern kehrt. Die Sehnen dieser Muskeln

Fig. 27.

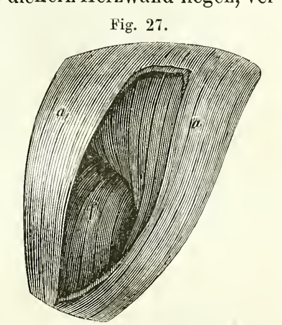
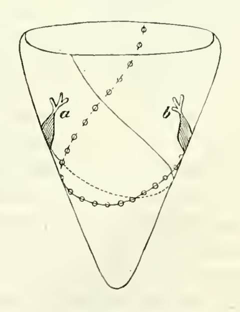
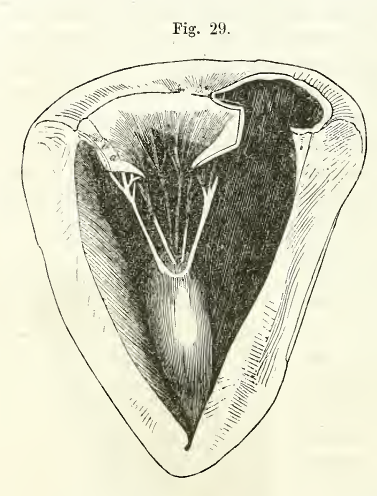


Fig. 28.



welche in die Klappen dringen, fahren nach verschiedenen Richtungen hin auseinander und enden niemals sämmtlich in einer, sondern jedesmal in zwei benachbarten Klappen, wie dieses durch Fig. 29. dargestellt ist. Jeder Hauptlappen einer Klappe empfängt somit aus zwei Papillarmuskeln seine Chorden, auf denen er im ausgespannten Zustand wie auf einem Kniegebälke ruht. (Fig. 29. *a a* im Durchschnitt). — f. Der bei weitem grösste Theil der Fasern, welche sich in der freien Wand des rechten Ventrikels vorfinden, ist schon einmal Bestandtheil der freien Wand des linken Ventrikels gewesen, sodass die Muskelschleifen, welche sich um die rechte Kammer begeben, auch die linke einschliessen. Dieses Verhalten wird schon klar durch die Betrachtung der gegenseitigen Lagerung beider Herzhöhlen; auf einem zur Längenachse des Herzens senkrechten Querschnitt erscheint nemlich die rechte um die linke herum gekrümmt. Die auf der zur rechten Herzhöhle zugewendeten Scheidewandfläche verlaufenden Fasern verhalten sich aber zum linken Herzen wie diejenigen, welche auf der Herzoberfläche verlaufen.

Fig. 29.

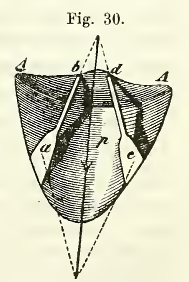


Ein System so verwickelter Muskelröhren, wie das beschriebene, wird bei seiner Zusammenziehung je nach der Vertheilung seiner Masse, der relativen Verkürzung einzelner Theile u. s. w., die mannigfachsten Erscheinungen bieten, die sich bis in ihre Einzelheiten in keinem Falle werden voraussagen lassen, theils weil die Verflechtung der Fasern zu complizirt, theils auch noch zu wenig bekannt ist, um sie mittelst der mechanischen Theorie zu behandeln. Wir sind darum auf die Beobachtung des lebenden Herzens angewiesen, wenn wir erfahren wollen, wie es sich, während es im Kreislauf thätig ist, bewegt. Die Beobachtung dieser Bewegung wird aber, weil die Untersuchung rein im technischen

Interesse unternommen wird, nur dann werthvoll sein, wenn sie unter den mittleren Bedingungen des normalen Lebens angestellt ist. Dahin zählen wir aber: einen ungestörten Kreislauf des Bluts, eine ungeschwächte Muskelkraft und eine der Norm möglichst angenäherte Lage.

Die Erscheinungen, die das bewegte Herz für sich, abgesehen von der Veränderung seiner Gesammtlage, bietet, sind: a. die Herzkammer übt bei ihrer Zusammenziehung auf ihren Inhalt überall, ausgenommen von der arteriellen Mündung her, einen Druck aus. Die Möglichkeit, dass das zusammengezogene Herz auch von seiner venösen Mündung her gegen den Inhalt drückt, ist durch die Papillarmuskeln und deren Anheftung an die venösen Klappen gegeben. Denn da der Papillarmuskel frei in die Herzhöhle ragt, so wird er bei seiner Verkürzung sich gegen die Wand zürückziehen und somit einen Zug von innen und oben nach aussen und unten gegen die Klappen üben. Da aber jede Klappe zwei Papillarmuskeln besitzt, welche einander gegenüberstehen, so wird der aus beiden Zügen resultirende Weg der Klappe gerade gegen die Mitte der Herzhöhle fallen. Wenn z. B. in Fig. 30. *A A* einen freien Klappenrand der linken venösen Herzmündung darstellt, so werden sich die beiden Papillarmuskeln mit zwei einander entsprechenden Sehnen nach dem Schema *a b* und *c d* an ihn festsetzen. Ziehen sich die Papillarmuskeln zusammen, in der Art, dass sie ihren Sehnen in der Richtung von *b* nach *a* und *d* nach *c* einen Zug ertheilen, so wird die Klappe in der Richtung des Pfeils p gehen, wie dieses der Grundsatz vom Parallelogramm der Kräfte verlangt. Das, was hier für die zugehörigen Sehnen zweier Papillarmuskeln bewiesen wurde, gilt bei dem symmetrischen Ansatz derselben auch für alle übrigen. Die Papillarmuskeln werden aber durch ihre Sehnen den Klappen nur dann einen Zug mittheilen können, wenn diese letzteren in einer annähernd senkrechten Richtung zur Längenachse des Herzens stehen, wenn also, um mit den Aerzten zu reden, die Klappen gestellt sind. Denn nur in diesem Falle spannen sich die winklig abgehenden Sehnen (zweiter und dritter Ordnung) zwischen Klappe und Papillarmuskel aus. — b. Indem sich das Herz allseitig verkürzt und verschmälert, sucht es dabei

Fig. 30.



zugleich eine ganz bestimmte Form anzunehmen. Die Basis des Herzens wird nemlich auf dem Querschnitt annähernd kreisförmig, und die Spitze sucht sich dem Mittelpunkt dieses Kreises in einem ganz bestimmten Abstand gegenüber zu stellen, mit einem Worte, das Herz zieht, sich selbst überlassen, sich zu einem regelmässigen Kegel zusammen. Hierbei wird das Herz zugleich sehr hart, so dass nur durch beträchtliche Drücke die Form des zusammengezogenen Herzens merklich geändert werden kann. — Der Grund für die Erhärtung des zusammengezogenen Herzens liegt in der besonderen Muskelanordnung, vermöge deren die einzelnen Fasern sich nach einer Richtung hin unterstützen, nach der andern aber hemmen, oder anders ausgedrückt, sich gegenseitig spannen. Diess ist ohne weitere Auseinandersetzung sogleich einleuchtend, wenn man die Wirkungen zweier oder mehrer nebeneinanderliegender Fasern des Schemas (Fig. 27.) zergliedert. — Die Kegelgestalt des zusammengezogenen Herzens wird wahrscheinlich dadurch veranlasst, dass vom ganzen Umfang der Herzbasis Fasern gegen die Spitze zusammenlaufen, welche durch ihre Gegenwirkungen dieser letzteren eine bestimmte Stellung zu der ersteren anweisen müssen. Zugleich darf im Allgemeinen vorausgesetzt werden, dass die mehr gegen die Spitze liegenden Muskelmassen das Herz verkürzen, während die an der Basis gelegenen seinen Umfang mindern; denn dort läuft die überwiegende Zahl annähernd parallel und hier annähernd senkrecht gegen die Längenachse des Herzens. — Die Zusammenziehung beengt, soweit aus der Beobachtung ersichtlich, die arteriellen Mündungen nicht; es ist noch nicht klar, wie diess geschieht.

Da die Bewegungen des Herzens sehr rasch erfolgen und der zusammengezogene Zustand desselben nur sehr kurze Zeit anhält, so ist es unmöglich, die Form des zusammengezogenen Säugethierherzens anders aufzufassen, als mittelst Einrichtungen, welche alle oder einige Punkte desselben graphisch fixiren. Eine der vielen möglichen solcher Einrichtungen ist von mir zur Festellung der obigen Thatsachen benutzt worden. Ein ungefähres Bild des Hergangs kann man sich auch an einem frisch herausgeschnittenen, noch schlagenden Säugethierherzen verschaffen. Hebt man ein solches schwebend, indem man es mit der Pinzette an dem Vorhofe oder den grossen Gefässen fasst, so sieht man, wie sich die Spitze der Basis nähert; legt man es dagegen auf die Basis, so dass die Spitze der erschlafften Kammern herabfällt, so entfernt sich jedesmal bei der Zusammenziehung die Spitze von der Basis, sodass sie sich steif emporstellt. Legt man es aber auf eine ebene Unterlage, wobei in der Erschlaffung die Wandungen an der Peripherie zusammenfallen, sodass sich der Durchmesser der Basis nach der einen Richtung verlängert und nach der andern verschmälert, während die Spitze schief gegen die Unterlage fällt, dann wölbt sich während der Zusammenziehung die zusammengefallene Wand an der Basis, indem ihr Querschnitt aus der

elliptischen Form in die runde übergeht und zugleich hebt sich die Spitze um etwas von der Unterlage ab. — Die Angaben, welche das blutleere, aus der Brusthöhle geschnittene oder auf besondere Weise in ihr befestigte Herz über die Form macht, welche es in der Zusammenziehung annimmt, sind brauchbar auch für das normal gelagerte und gefüllte Herz, weil sich bei der Zusammenziehung die Herzfasern gegenseitig spannen und somit ihre Form selbst bestimmen. Die einzige Voraussetzung, welche von den oben verlangten hier bestehen muss, ist also die, dass die Erregbarkeit des Herzens auf einer normalen Stufe steht.

Herzstoss. Während der Zusammenziehung verändert das Herz seine Lage und drückt dabei auf die Theile seiner Umgebung, welche sich dieser Lagenveränderung entgegensetzen, und namentlich übt es einen fühlbaren Stoss gegen die Brustwandung aus. Dieser letztere, der sogenannte Herzstoss, wird unter sonst gleichen Bedingungen mit der Ausgiebigkeit der Herzzusammenziehung und in der Exspirationsstellung des Brustkorbes stärker empfunden. — Die Bewegungen, welche das Herz hierbei ausführt, werden bald als fortschreitende und bald als drehende geschildert. Wenn das Fortschreiten gleichzeitig alle Theile des Herzens ergreift, so soll es von oben und hinten nach vorn und unten geschehen; beschränkt sich die Bewegung nur auf einzelne Herzstücke, so soll sie bald nur die Spitze gegen die feststehende Basis hinaufführen oder umgekehrt, es soll die Basis gegen die Spitze wandern, oder es sollen sich an der Basis die beiden Wände von einander entfernen. Bei den Drehbewegungen liegt die Achse entweder in dem Längen- oder in dem Querschnitt des Ventrikels, im letztern Fall kreuzt sie die Linie, welche die Centra der beiden arteriellen Mündungen verbindet.

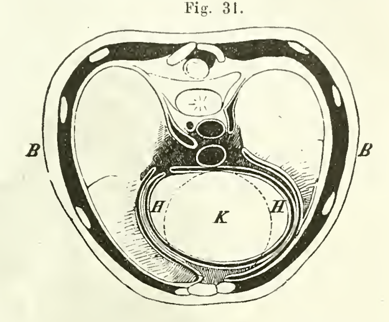
Vergegenwärtigt man sich, dass die Masse, (wegen der veränderlichen Anfüllung der Höhlen), die Lage des Schwerpunkts, die Elastizität und die Unterstützungsflächen des Herzens fortwährenden Veränderungen unterworfen sind, so versteht es sich von selbst, dass die Lagenverschiebungen dieses Organs unzählige sein können, so dass es hier, wie es scheint, nur von Interesse ist, ganz allgemein die Bedingungen aufzusuchen, von welchen die Verschiebung abhängig sein kann. Wären sie allseitig erkannt, so würde man dann vielleicht die einzelne, gerade beobachtete Veränderung auf ihren wahren Grund beziehen können. In dieser Richtung sind folgende Fortschritte gemacht worden: 1⁰ als eine Verschiebungsursache sind anzusehen die Form und Elastizitätsänderung, welche das Herz durch die Verkürzung und Ausdehnung der Muskeln erfährt. Wenn das Herz an der Brustwandung nicht insgesammt fortschreitet, sondern nur theilweise Verschiebungen und Drehungen

erfährt, so lässt sich aus dem ebengenannten Umstand sein Anschlagen an die Brustwand leicht erklären. Nun findet aber bei Säugethieren, namentlich bei Kaninchen, das eben Angeführte statt, wie dieses nach dem Vorgang von Kiwisch dadurch zu beweisen ist, dass man lange Nadeln durch die am kräftigsten gestossene Stelle der Brustwand in das Herz einsticht, ihre Bewegung während des Herzschlags beobachtet und nach dem Tod den Ort des Herzens aufsucht, in welchen die Nadel eingedrungen ist. Die Nadel trifft entweder den Umfang der Basis oder die Spitze. Ist das Letzte geschehen, so beschreibt das freie Ende der senkrecht eingestochenen Nadel weder einen Bogen nach oben oder unten, sondern bleibt senkrecht, also hat die Spitze während des Herzstosses sich an der Brustwand nicht verschoben. Ein ähnliches Verhalten wies, wenn auch nicht mit derselben Sicherheit Jos. Meyer*) am Menschenherzen nach; bei sterbenden Menschen färbte er die vom Herzstoss emporgehobene Stelle und nach dem Tode senkte er durch den markirten Ort eine Nadel in das Herz; dieses Verfahren leidet darum an einer gewissen Unsicherheit, weil sich nach Angabe einer im Leben eingestochenen Nadel die Lage des Herzens beim Kaninchen wenigstens mit dem Tode ändert. Lässt man die von Kiwisch gewonnenen Voraussetzungen gelten und erwägt man, dass die schlaffen und weichen Wandungen der nicht zusammengezogenen Kammern innerhalb weiter Grenzen formverändernden Einflüssen folgen, und dass die Kammern insbesondere in dem menschlichen Brustraum geformt werden durch den Druck des einströmenden Bluts, die eigene Schwere und die drückenden und ziehenden Wirkungen der umgebenden Brustwand, so dürften in der Diastole die Herztheile eine andere Lage zu einander annehmen, als sie ihnen durch die Zusammenziehung des Herzens geboten wird. Stellen sich danach die Brustwandungen den Formveränderungen entgegen, welche das Herz in Folge seiner Zusammenziehung anzunehmen strebt, so wird letzteres bei seiner Verkürzung, wenn es sonst nicht ausweichen kann, die Brustwand vor sich hertreiben. Dieser Druck gegen den Zwischenrippenraum wird, alles Uebrige gleichgesetzt, um so fühlbarer sein, je inniger sich das Herz an die Brust anlegt. Aus diesem Grunde wird in der Inspiration (wobei die Lungen die vordere Herzfläche zum grossen Theil von der Brustwand trennen), der Stoss diese letzteren weni-

*) Virchows Archiv III. 265.

ger heftig treffen, als in der Exspiration. — Nach den von Kiwisch, Jos. Meyer u. A. gemachten Angaben und aus der bekannten Form des zusammengezogenen Herzens muss man sich das Zustandekommen des Herzstosses nun auf folgende Art denken. — — a. Stoss durch die Kammerbasis. — Das schlaffe Herz wird durch die Brustwandung (Fig. 31.) *B B* so zusammengedrückt, dass seine Peripherie eine Elipse *H H* darstellt, deren kleiner Durchmesser kürzer ist, als derjenige des Kreises *K*, welchen der Kammergrund bei seiner Zusammenziehung einzunehmen strebt; es muss dieser also die Brustwand aufwölben. Auf diese Art hat Fr. Arnold zuerst den Herzstoss erklärt. — b. Spitzenstoss. Drückt dagegen (Fig. 32.) die Brustwandung die Herzspitze während der Erschlaffung nach unten und hinten, so dass sie nicht mehr senkrecht über dem Mittelpunkt der Kammerbasis steht, so wird, indem bei der Zusammenziehung die Herzform aus *H H S* in *H H P* überzugehen sucht, die Spitze sich gegen die Brustwand mit Gewalt andrängen (C. Ludwig). Gegen diese Auseinandersetzung wendet Hammernik*) ein, dass die Herzspitze an der menschlichen Brustwand nie anschlagen könne, weil sich zwischen beide immer Lungengewebe einschiebe.

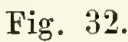
Fig. 31.

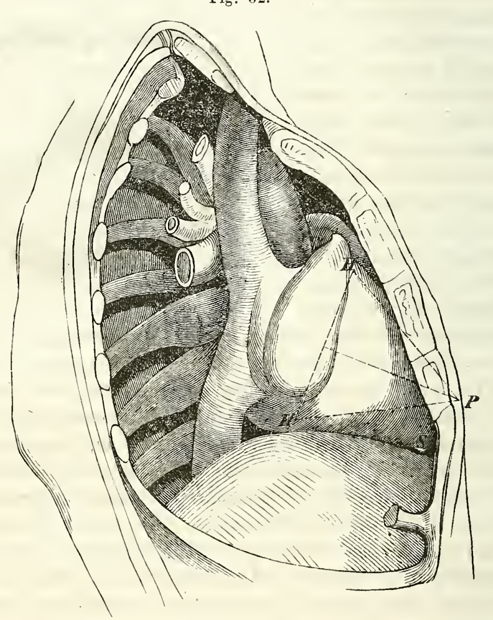


Zur Aenderung der Herzlage kommt weiter in Betracht der Druck, welchen die den Arterienmündungen gegenüber liegenden Wandflächen zu ertragen haben, wenn das gespannte Blut aus ihren Oeffnungen ausfliesst — Rückstoss — (Gutbrod, Scoda, Hiffelsheim). Aus der physikalischen Anschauung heraus hat man die Möglichkeit eines solchen Rückstosses bestritten, weil es undenkbar sei, dass die hinter dem Blutstrom herschreitende und ihn eben darum veranlassende Herzwand zugleich vom Blut in entgegengesetzter Richtung bewegt werden solle; dieser Einwurf würde richtig sein, wenn die den Ostia arteriosa gegenübergelegenen Wandflächen

*) l. c. p. 16. u. f.

gerade so rasch fortschritten wie das Blut in der Mündung; da dieses aber nicht eintrifft, also in der Arterienmündung die Spannung immer niederer sein muss als zwischen dem Blut und der Herz-


Fig. 32.



wand, so wird auch der Rückstoss nicht ausbleiben können; Hilfelsheim*) der das Herz durch einen unter Druck gefüllten Gummischlauch und die Aorta durch ein aus ihm hervorgehendes Gummirohr ersetzte, zeigte denn auch in der That sein Bestehen unter diesen den Herzbewegungen sehr analogen Bedingungen. Bei den Bewegungen, welche das Herz vom Rückstoss getrieben ausführt, müssen also die gesammten Herzkammern in einem dem Blutstrom entgegengesetzten Sinne fortschreiten; Scoda und Donders haben in der That an freiliegenden Herzen des Menschen und Hundes diese

*) Compt. rend. Décemb. 1854. Août. 1855.

Bewegung gesehen; am Kaninchen konnte ich bis dahin keine solche Bewegung darstellen, selbst wenn das Herz nach Eröffnung seines Beutels auf einer sehr leicht beweglichen an langen Fäden hängenden Unterlage ruhte, und seine Spitze auf passende Weise mit einem Fühlhebel in Verbindung stand. Ebenso vermissten sie Faivre und Chauveau*) beim Pferde. — Wenn nun aber bei andern Thieren als dem Kaninchen die Wirkung des Rückstosses nicht bestritten werden kann, so darf man aber auch nicht verkennen, dass für gewöhnlich das Herz nicht einmal vorzugsweise aus diesem Grunde gegen die Brustwand stösst, da es auch blutleer diesen Druck kräftig ausführt. — c. Das Verlängerungsbestreben der durch die Systole gefüllten grossen Arterienstämme, die aus dem Herzen hervorgehen, soll die Ventrikel nach unten verschieben (Bamberger**). Da die Art. pulmonalis und Aorta auch spiralig gewunden sind um eine Achse, die annähernd mit dem längsten Durchmesser der Ventrikel parallel läuft, so sollen sie bei ihrer An- und Abschwellung auch das Herz um seine Längsachse drehen, vorausgesetzt, dass die Zahl der Winkelgrade, welche die Spiralwindungen einschliessen bei der Anfüllung vermehrt werden, mit andern Worten, dass sich die Spirale bei der Herzsystole zu- und bei der Diastole abwickelt (Kornitzer***). Diese Achsenbedingung bedarf vor Allem einer genauern Untersuchung, ehe sie als berechtigt aufgenommen wird. Gegen die alleinige Abhängigkeit des Herzstosses von diesen Bedingungen gilt abermals der aus dem blutleeren Herzen hergenommene Einwand. — d. Neben diesen von dem Herzen und seinen Gefässen abgeleiteten Verschiebungsursachen ist genaue Rücksicht zu nehmen auf den Zustand der Lungen, der Brustwand und des Zwerchfells, weil diese die Lage des Herzens wesentlich mit bestimmen; es ist hierauf um so mehr zu dringen, als dasselbe Verschiebungsmoment dem Herzstoss eine ganz verschiedene Stärke ertheilen kann, je nach der Lage, in der sich das Herz befindet; und dieser Umstand scheint gerade für ärztliche Zwecke von Bedeutung.

3. Rhythmus der Herzbewegung†). Die Muskeln des lebenden Herzens gerathen nach einer ganz bestimmten, örtlichen

---

*) Gazette méd. de Paris 1856. 469.

**) Virchow's Archiv. IX. Bd. 328.

***) Wiener Akad. Sitzungsberichte XXIV. Bd. 120.

†) Volkmann, Haemodynamik. p. 369. — Ludwig und Hoffa, Henle u. Pfeuffer's Zeitschrift, IX. Bd. 102. — Stannius, Müllers Archiv. 1852. p. 85. — Bidder, ibidem. 1852. p. 163. — Wagner, Handwörterbuch d. Physiologie. III. Bd. 1. Abtheil. 407. — Heidenhain,

und zeitlichen Reihenfolge in Zusammenziehungen, welche von Zeiten der Erschlaffung unterbrochen werden.

a. Reihenfolge der Bewegungen. Der Schlag des Herzens von einem vollkommen lebenskräftigen Thiere beginnt nach vorausgegangener Ruhe aller seiner Theile mit der gleichzeitigen Zusammenziehung beider Vorhöfe; nach der Beendigung oder kurz vor der Beendigung ihrer Bewegung tritt dann jedesmal die Zusammenziehung beider Kammern ein. Diese verlassen darauf ebenfalls nach kurzer Zeit den verkürzten Zustand, so dass schliesslich wieder ein Zeitraum besteht, in welchem alle Theile des Herzens, Vorhöfe und Kammern, sich in Ruhe befinden. Den Akt der Zusammenziehung belegt man gewöhnlich mit dem Namen der Systole (Vorhof- und Kammersystole), den der Erschlaffung mit dem der Diastole oder Pause. Diese ebengeschilderte Reihenfolge der Bewegungen ist jedoch keine nothwendige; denn es können erfahrungsgemäss, namentlich wenn das Herz im Absterben begriffen ist, entweder mehrere Bewegungen der Vorhöfe hintereinander folgen, ohne von einer Bewegung der Kammern unterbrochen zu werden, so dass in gleichen Zeiten die Vorhöfe zwei-, drei- und mehrmal so viel schlagen, als die Kammern; oder es kann gar auch vorkommen, wie namentlich nach Einträufeln von Opiumtinktur in die Höhlen, dass nach der Ruhe des ganzen Herzens zuerst die Herzkammern und dann erst die Vorhöfe in Zusammenziehung kommen, so dass sich die Reihenfolge der Bewegungen umkehrt (Hoffa, C. Ludwig). Die Gründe sind nicht anzugeben, aus welchen die Nothwendigkeit der einen oder andern Reihenfolge der geschilderten Bewegungen hervorginge.

b. Relative Dauer der Bewegung und Ruhe von Kammer und Vorhof. Da das Herz in der Minute eine beträchtliche Zahl von Schlägen ausführt, so wird die Dauer eines jeden einzelnen Bewegungsaktes sehr kurz ausfallen, und offenbar im Allgemeinen um so kürzer, je häufiger die Herzbewegung in der Zeiteinheit wiederkehrt. Wegen der so sehr verschiedenen Zahl der Herzschläge in der Zeiteinheit, ist es unmöglich, eine allgemein giltige Angabe über die absolute Dauer der Zusammenziehung und der Erschlaffung zu machen. Es hat dagegen einen Sinn, die relative Bewe-

---

Disquisitiones de nervis etc. centralib. cordis. Berlin 1854. — Eckhard. Beiträge zur Anatomie u. Physiologie, Giessen 1858. p. 145. — v. Bezold, Virchow's Archiv XIV. Bd. — Arnold, die physiol. Anstalt der Universität Heidelberg 1858. p. 98.

gungs- und Ruhezeit der einzelnen Herzabtheilungen zu messen. Volkmann, der in dieser Richtung genaue Beobachtungen am Menschen angestellt hat, giebt an, dass die Zeit, während welcher die Ventrikel im zusammengezogenen Zustand verharren, genau so gross ist, als diejenige, welche die Zusammenziehung der Vorhöfe und die Erschlaffung des ganzen Herzens umfasst. Diesem Beobachtungsresultat dürfte jedoch, wenn die hier in Betracht kommenden Erscheinnngen bei Menschen und Säugethieren annähernd sich gleich verhalten, keine allgemeine Giltigkeit zuzuschreiben sein, da sich bei letztern mit einem Wechsel in der Beschleunigung des Herzschlags dieses Verhältniss ändert, indem bei langsamem Herzschlag die Zeit der Herzpause beträchtlich überwiegt über die der Ventrikularkontraktion, während umgekehrt, bei sehr beschleunigter Herzbewegung auch die Zeit der Kammerzusammenziehung die der Herzpause übertreffen kann (C. Ludwig). Mit andern Worten, es schwankt, wenn sich die Zahl der Herzschläge beträchtlich ändert, der Zeitraum der Diastole viel bedeutender, als derjenige der Kammernsystole. — Die Dauer der Vorhofssystole ist immer nur ein kleiner Bruchtheil von derjenigen der Kammerzusammenziehung.

Volkmann benutzte zu seinen Messungen die Töne, welche das Herz bei seinen Bewegungen hervorbringt, ein anwendbares Verfahren, da der erste beim Herzschlag hörbare Ton gerade so lange anhält, als die Kammersystole. Die Dauer des ersten Tons maass er aber dadurch, dass er einen Pendel mit verschiebbarer Linse so lange einstellte, bis seine Schwingungszeit gerade so lang war, als die des (mit dem Stethoskop) gehörten Tons. — Eine andere Methode (Fühlhebel und rotirender Cylinder), welche am blossgelegten Herzen des Thieres angewendet wurde, s. bei Ludwig*). —

c. Erregbarkeit des Herzens. Man pflegt sie zu schätzen: durch die Zahl der Schläge in der Zeiteinheit, durch den Umfang auf den sich der Herzmuskel zusammenzieht, und zwar entweder durch jeden der beiden Umstände für sich allein oder durch Combination beider, so dass ein Herz, welches schnell und wenig ausgiebig schlägt, für ebenso, wenn nicht für weniger erregbar gilt, als ein solches, welches seltener, aber jedesmal kräftiger schlägt. Man bemisst die Erregbarkeit ferner nach der Intensität der Erreger, die nothwendig, um ein schon zur Ruhe gekommenes Herz wieder in Bewegung zu setzen, und endlich nach der Zeitdauer, während welcher ein Herz seine Schlagfähigkeit zubewahren

---

*) l. c. p. 108.

vermag unter Umständen, die seinen Lebenseigenschaften erfahrungsgemäss entgegenwirken.

Da ein ausgeschnittenes Herz, auch ohne dass es von aussen her gereizt wird, fortfährt zu schlagen mit andern Worten, da es also ausser erregbaren Nerven und Muskeln auch noch reizende (automatische) Einrichtungen besitzt, so umfasst nach den obigen Auseinandersetzungen der Begriff der Erregbarkeit die Arbeitsfähigkeit der automatischen und reflektorischen Organe gleichzeitig mit denen der Nerven und Muskelröhren. Die Aufgabe, die Erregbarkeit eines jeden dieser Organe gesondert zu schätzen, gelingt nur für den Fall, dass die Nerven und Muskeln ihre Erregbarkeit behaupten, während sie die automatischen Massen einbüssen, denn nur hier, nicht aber beim umgekehrten Verhalten giebt es Prüfungsmittel für die erregbar zurückgebliebenen Bestandtheile.

Viele der Bedingungen, durch welche die Erregbarkeit der cerebrospinalen Muskeln und Nervenmassen erhalten wird, wirken in gleicher Weise auf das Herz; so verlangt das letztere namentlich sauerstoffhaltiges Blut, gewisse Temperaturgrenzen, eine gewisse Andauer der Ruhezeiten zwischen den vollführten Anstrengungen; das ausgeschnittene Herz schlägt in einem mit Wasser gesättigten Raume länger als in trocken erhaltener Luft u. s. w.

Ein ausgeschnittenes oder das in der Brusthöhle befindliche Herz eines Säugethiers, dessen Hirn und Rückenmark abgestorben ist, schlägt, sich selbst überlassen, nur noch kurze Zeit fort; die Zeitdauer seiner Bewegungen kann aber beträchtlich vergrössert werden, wenn man entweder in die Lungen des getödteten Thieres Luft einbläst, oder aber wenn man durch die Kranzgefässe des ausgeschnittenen Herzens einen arteriellen Blutstrom leitet (C. Ludwig)*). Ein ausgeschnittenes Froschherz erhält dagegen seine Bewegungen stundenlang nur mit Zuthun des Bluts oder der Ernährungsflüssigkeit, welche in seinem Gewebe enthalten ist. Bringt man ein solches Herz in eine reine Sauerstoffatmosphäre, so schlägt es um viele Stunden länger und kräftiger, als in der atmosphärischen Luft (Castell), führt man es dagegen in den luftleeren Raum (Fontana, Tiedemann**), Pickford)***), in Wasserstoffgas (Schulz†), Castell)††), Stickgas, Kohlensäure, Schwefelwasserstoff und luftleeres Wasser (Castell), so hört das Herz früher zu schlagen auf. Während seines Aufenthaltes in den beruhigenden Mitteln haben die gewöhnlichen Erreger der Nerven ihre Wirkungskräfte verloren; bringt man aber dann das Herz, dessen automatische Erregung und dessen Erregbarkeit ganz verloren, wieder an die atmosphärische Luft, so beginnt die selbstständige Bewegung von Neuem. Beiläufig ist hier noch zu be-

*) Henle u. Pfeufer. I. Reihe. V. Bd. p. 76.
**) Müllers Archiv. 1847. 490.
***) Henle u. Pfeufer. Neue Folge. I. Bd. 240.
†) De motu cordis ranae. Berlin 1849.
††) Müllers Archiv. 1854. 226.

merken, dass die erwähnten Umstände und Gase nicht in gleichen Zeiten die Bewegung unterbrechen. Länger dauert der Herzschlag in Stick- und Wasserstoffgas, kürzer in Kohlensäure und Schwefelwasserstoff; ebenso schlägt das Herz länger unter der Luftpumpe, wenn in den Rezipienten noch ein Behälter mit ausgekochtem Wasser steht; kürzer wenn ein Gefäss mit CaCl darin enthalten ist. (Arnold). Das ausgeschnittene Herz eines Frosches, welches zwischen zwei aufeinandergepassten Uhrgläsern liegt, verlangsamt seine Schlagfolge um ein Beträchtliches, wenn man es auf Eis setzt, während es umgekehrt dieselbe sehr beschleunigt, wenn man es auf einen erwärmten Gegenstand bringt. — Aus ähnlichen Gründen hat auch Bezold einen durch ihn aus der Vergessenheit gezogenen Versuch Humboldts zu erklären gewusst. Ein Herz, das an den zugebundenen Arterien aufgehängt ist, schlägt rascher und länger, als ein solches, das unter gleichen Bedingungen auf eine Glastafel so gelegt wird, dass seine Sinus mit den Unterlagen in Berührung sind. Die Ursache dieses verschiedenen Verhaltens liegt in der Ansammlung schädlicher Flüssigkeiten in der Nähe der Sinus und nicht in der Lage als solcher, wie Bezold durch verschiedene Versuche darthut. — Verlängert man die Herzpausen durch Erregung der NN. vagi und leitet darauf durch Berührung des Herzens eine Bewegung ein, so ist diese dem Anschein nach kräftiger als vor der Vagusreizung, wo die Herzschläge schneller aufeinanderfolgten. Wenn man aber umgekehrt mittelst des Elektromotors die Herzschläge sehr beschleunigt, so wird jeder einzelne derselben so schwach, dass sich trotz seiner unzählbaren Schlagfolge das Herz immer weiter ausdehnt, bis es endlich stillsteht. Auf diese Weise gelingt es leicht ein Thier zu tödten. (C. Ludwig.) Ein andres Beispiel hierfür giebt Bezold; wenn ein Herz im Absterben begriffen ist, so schlägt gemeiniglich der Ventrikel seltener als die Vorkammern; werden nun durch Vagusreizung beide Herzabtheilungen für einige Zeit zur Ruhe gebracht, so kommt beim Wiederbeginn der Schläge auf jeden Vorhof auch eine Kammerzuckung, und zugleich folgen jetzt die Schläge des ganzen Herzens so rasch aufeinander wie vor der Vagusreizung die der Vorhöfe; während der längeren durch Vagusreizung eingeleiteten Ruhezeit hat sich also die Erregbarkeit der Vorkammer erhöht. — Hierher scheint auch die Beobachtung von Czermak u. Piotrowsky*) zu gehören, welche fanden, dass das ausgeschnittene Herz des Kaninchens seine Schläge später einstellt, wenn vor dem Tode des Thieres die NN. vagi gereizt, früher, wenn sie vorher durchschnitten waren. In welchem Verhältniss mit der Ruhezeit die Erregbarkeit steigt, ist unbekannt; unter günstigen Verhältnissen genügen zur Wiederherstellung der letztern sehr kurze Pausen, wie z. B. nach Durchschneidung der NN. vagi sehr kräftige Schläge einander sehr rasch folgen.

d. Eigenthümlichkeiten der Herzerregbarkeit. Neben den genannten Uebereinstimmungen bietet aber die Erregbarkeit des Herzens auch viel Abweichungen von andern Nerven und Muskeln. Dahin gehört: 1) die Schläge eines Induktionsapparats, welche genügend sind, jeden andern Nerven und Muskel in Starrkrampf zu versetzen, vermögen das lebende noch vom normalen Blut durchströmte Herz nur zu beschleunigten Bewegungen zu veranlassen. Also verhindern die Erregbarkeitszustände des Herzens, dass es

*) Wiener Akad. Sitzungsberichte XXV. 431.

in Tetanus kommen könne. Diese Erscheinung ist um so auffallender; als man durch heftige Induktionsschläge an einzelnen Abschnitten des Herzens weisse wulstförmige Hervorhebungen erzeugen kann, welche anscheinend grosse Aehnlichkeit mit dem lokalen Tetanus der Rumpf- und Darm-Muskeln darbieten. 2) Ein constanter elektrischer Strom, gleichgiltig in welcher Richtung er durch das Herz fliesst, vermag den bestehenden Herzschlag nicht zu beruhigen; im Gegentheil regt er das durch Ausschneidung der Vorhofsscheidewand beruhigte Herz wieder zu Bewegungen an (Eckhard*). Da das Herz in seiner Gesammtheit durch ein anhaltendes Erregen nicht tetanisch wird, und da anderseits Pflüger nachgewiesen, dass auch ein constanter Strom von sehr geringer Intensität einen Rückenmarksnerven und zwar tetanisch erregt, so könnte man geneigt sein, statt eines Gegensatzes durch diese Thatsache eine Uebereinstimmung zwischen den Erregbarkeiten des Herzens und anderer Nerven zu finden. Hierbei wäre nur zu bedenken, dass jene Ströme, welche das ruhende Herz erregen, zu den kräftigen gehören, welche auch die Rückenmarksnerven vollkommen in Ruhe lassen, resp. je nach ihrer Richtung die Wirkungen anderer Erreger herabsetzen. 3) Curare, welches die motorischen Nerven der Skeletmuskeln lähmt, geht an dem des Herzens ohne alle Wirkung vorüber (Kölliker, Bernard.)

d. Erregung des Herzens. α. Die Zahl der Herzschläge in der Zeiteinheit ändert sich mit den Zuständen der Selbsterreger im Herzen. Unzweifelhaft geht überhaupt von einer im Herzen enthaltenen an besondern Orten eingebetteten Vorrichtung die Anregung zur Bewegung aus, da einerseits das ausgeschnittene, blutleere, den von aussen her dringenden Reizen entzogene Herz noch in regelmässiger Zeitfolge schlägt und da anderseits ein ausgeschnittenes Herz oft bis zum vollkommenen Absterben in Ruhe bleibt, aber augenblicklich einen regelrechten Schlag ausführt, wenn irgend ein Theil seiner Oberfläche mit einer Nadel berührt wird. Wie der erstere Erfahrungssatz den Beweis dafür liefert, dass im Herzen selbst alle Bedingungen für das Eintreten seiner Bewegungen enthalten sind, so thut der zweite dar, dass das Bestehen der Nerven- und Muskelerregbarkeit für sich noch nicht genügt, um die rhythmische Bewegung einzuleiten.

*) Beiträge zur Anatomie u. Physiologie I. Bd. p. 145.

Ueber den erregenden Vorgang selbst sind wir vollkommen im Unklaren; den Ort, an denen er sich entwickelt, verlegen dagegen die meisten Physiologen in die Ganglienhaufen des Herzens, namentlich in die am Beginn der Arterien und Kammern gelegenen. (Bidder, Bezold.)

Nach den vorliegenden Beobachtungen am Froschherzen sind vorzugsweise die Ganglienhaufen am Beginne der Scheidewand des Vorhofs und an der Furche zwischen letzterm und dem Ventrikel als die Stätten des selbsterregenden Vorganges anzusehen. Denn ein Ventrikel, der unterhalb der letzten Grenze abgeschnitten ist, bleibt, wenn er nicht von aussen her gereizt wird, meist bewegungslos bis zum Tod liegen. Diese Erscheinung erleidet jedoch zahlreiche Ausnahmen; wird ein solcher Stumpf in Froschblut zwischen zwei luftdicht schliessenden Uhrgläsern aufgehoben und dann etwa $^1/_4$ bis $^1/_2$ Stunde nach seiner Trennung von den Ganglienhaufen mit einer Nadel bestrichen, so kehrt sehr häufig rhythmische Bewegung durch längere Zeit hindurch wieder (Hoffa). Obwohl diese Erfahrung darthut, dass die abgeschnittenen Ganglien nicht allein die automatischen Organe sind, so bleibt es doch immer bemerkenswerth, 1⁰ dass sehr viele Herzen ohne Zuthun äusserer Reize bewegungslos absterben, wenn man die Ganglien an den obern Theil der Scheidewand durch einen umgelegten Faden gequetscht (Stannius), oder ausgeschnitten (Bidder), oder galvanokaustisch (Eckhard) zerstört hat; 2⁰ dass aber nach Unterbindung der Scheidewandganglien die Bewegung für längere Zeit wiederkehrt, wenn man einen Faden um die Gegend von Vorhof und Herzkammer schnürt (Stannius). Siehe hierüber noch Heidenhain und Eckhard l. c.

β. Die Zahl der Herzschläge mindert sich, wenn der n. vagus, bevor er in das Herz tritt, erregt wird (Ed. Weber).

Hier sind die Thatsachen zusammenzustellen, welche sich auf eine Veränderung des Herzschlags durch Erregung des Vagus beziehen. — 1) Die Bewegungen des Herzens werden um so anhaltender unterbrochen, je intensiver die Erregungen des n. vagus sind. Diese Behauptung begründet sich dadurch, weil ein Erregungsmittel von sehr geringer Stärke, das, auf den ungeschwächten n. vagus angewendet, noch eine Verlängerung der Pause erzeugt, sich in dem ermüdeten nicht mehr als wirksam erweist; weil innerhalb enger Grenzen je nach der Stärke des Erregers eine kürzere oder länger dauernde Pause erzeugt wird, weil dasselbe Erregungsmittel von immer gleicher Intensität, wie z. B. die elektrischen Schläge, zuerst, so lange das zwischen den Drahtenden liegende Nervenstück noch unversehrt ist, die Pause des Herzens beträchtlich verlängert, während mit andauernder Erregung, d. h. mit steigender Veränderung des durchströmten Nervenstückes die Herzpause mehr und mehr an Dauer abnimmt u. s. w. Demnach kann man bei einer passenden Anordnung der Erregungsmittel die Herzpause bis zur Dauer vieler Sekunden verlängern, z. B. wenn man an

einem langhalsigen Hunde den nerv. vagus dermaassen in den Kreis eines Induktionsstroms bringt, dass man das vom Strom durchflossene Stück ganz allmählig und stetig verlängert, so dass fortwährend neue von der durchströmenden Elektrizität noch nicht umgewandelte Nervenelemente in den Kreis aufgenommen werden. — 2) Die gleichzeitige Erregung der beiden n. vagi scheint, alles Andere (Stärke des Erregers, der Erregbarkeit und die Länge des erregten Nervenstückes) gleichgesetzt, die Zusammenziehung des Herzens anhaltender zu unterbrechen, als die eines einzigen. Zur Bestätigung dieses Satzes bedarf es jedoch noch genauerer Versuche. 3) Hat man die n. vagi eines Säugethiers 6 bis 15 Minuten mittelst des elektrischen Induktionsstromes erregt, so hört mit der Entfernung der stromführenden Drahtenden nicht momentan die in Folge der Erregung vorhandene Verlangsamung des Herzschlages auf, sondern es verbleibt noch eine mehrere Minuten andauernde Nachwirkung, so dass erst nach Verfluss derselben die Herzschläge wieder mit derselben Geschwindigkeit einander folgen, die sie vor aller Erregung besassen (Hoffa). — 4) Hieran reiht sich, dass eine Anzahl von elektrischen Schlägen, die viel zu selten aufeinander folgen, um in einem gewöhnlichen Muskelnerven Tetanus zu veranlassen, einen dauernden (tetanischen) Ruhezustand des Herzens durch den n. vagus einleiten können; 70—120 einfache Oeffnungs- und Schliessungsschläge in der Minute brachten ein Froschherz auf mehre Minuten zur Ruhe. Diese letztere tritt jedoch nicht plötzlich ein, sondern mit dem Beginn und dem Fortschritte der Reizung werden zunächst die Pausen zwischen je zwei Herzschlägen länger und länger. Daraus folgt nicht allein, dass ein jeder einzelne Reiz eine Nachwirkung hinterlässt, die sich noch jenseits einer ausgeführten Herzbewegung erstreckt, sondern auch, dass sich die von mehrern aufeinander folgenden Reizen herrührenden Nachwirkungen summiren. (Bezold). — Für die Zwecke des Experimentirens folgt aus dieser Beobachtung, dass man den n. vagus am schonendsten durch solche seltener aufeinander folgende Schläge reizt. — 5) Die Anzahl der einzelnen elektrischen Schläge, welche in der Zeiteinheit nothwendig ist, um die Pause auf Minutenlänge zu steigern, sinkt, wenn die Elektrizitätsmenge, die sich durch jeden Schlag ausgleicht, wächst. Die Anzahl der Reizungen muss sich mehren in dem Maasse, in welchem die natürlich vorhandenen Thiere Zusammenziehung erweckenden Vorgänge des Herzens überwiegen über die beruhigenden; also ist beim Bestehen

einer grossen Zahl energischer Herzkontraktionen eine grössere Zahl von Einzelreizen in der Zeiteinheit nöthig, als bei einem im Absterben begriffenen Herzen. (Bezold). — 6) Erregt man mittelst des Induktionsstroms den Vagus nach seinem Eintritt in das Herz, so verlängert sich nicht die Pause aller Herztheile. In unveränderter Geschwindigkeit schlagen nemlich die Theile, welche ihre Nerven aus dem Stücke des n. vagus erhalten, das oberhalb des erregten Ortes liegt, während die Pausen aller der Herzabtheilungen sich verlängern, deren Nerven erst unterhalb des erregten Ortes aus dem Stamme treten (Hoffa). — 7) Wenn man während einer durch die Erregung des n. vagus verlängerten Pause die Herzoberfläche drückt, elektrisch schlägt u. s. w., so erfolgt jedesmal eine Systole. Daraus folgt auch, dass, wenn man durch die Oberfläche des Herzens elektrische Schläge dringen lässt, die hierdurch hervorgerufenen Bewegungen durch Vaguserregung nicht beruhigt werden können. — 8) Im gewöhnlichen Verlauf des Lebens ist bei Hunden, Pferden u. s. w. innerhalb des Hirns der n. vagus einer gelinden Erregung ausgesetzt. Wir schliessen hierauf, weil bei den erwähnten Thieren nach Durchschneidung des n. vagus, oder nach Einleitung eines lähmenden Stroms (Heidenhain) der Herzschlag plötzlich ausserordentlich viel rascher wird, als vor derselben. Nach der soeben (β. 4) mitgetheilten Erfahrung, dass zeitlich gesonderte Erregungen des Vagus den Zustand des Herzens dauernd ändern können, ist es erlaubt zu vermuthen, dass auch vom verlängerten Mark nicht stetige, sondern durch merkliche Zeiträume unterbrochene Erregungen in den n. vagus gelangen. (Bezold). — 9) Einen besondern Abschnitt verdienen die Reizungs- und Durchschneidungsversuche am Froschherzen. Zu ihrem Verständniss diene, dass die NN. vagi die einzigen Nervenstämme sind, die von aussen her in das Froschherz verfolgt werden können; sie laufen auf den Ingularvenen bis zu den Stamm der venae pulmonales, durchbohren neben diesen den Venensack, und gelangen dann auf die linke Fläche der Vorhofsscheidewand. Hier tauschen sie neben der Einmündungsstelle der vena pulmonalis Fasern aus und gehen von da in zwei gesonderten Strängen zum Anheftungsort der Scheidewand in die Kammerbasis, um dort in das Kammerfleisch überzutreten. Auf diesem Wege geben sie zuerst Aeste an den Venensack, die mit einzelnen Ganglienkugeln belegt sind; neben der Lungenadermündung in den Winkeln, aus denen die Fasern zum Plexus hervorgehen, treten dagegen zuerst massen-

hafte Ganglienanhäufungen auf und ebenso sind die Stämme auf der Herzscheidewand, wie die Zweige, welche von hieraus in Vorhofsmuskeln gehen, reichlich mit Ganglienkörpern versehen, die endlich wieder zu grössern Haufen vereinigt in der Furche zwischen Kammer und Vorhof auftreten, wo die Stämme der Vagi aus der Scheidewand in das Kammerfleisch übergehen; auch sind die Aeste für das letzte am Beginn wenigstens mit Ganglien versehen.

Eine festzugeschnürte Schleife um die obersten Vorhofganglien (Stannius) oder ein Ausschneiden derselben (Bidder) bedingt einen 5—10 Minuten langen Stillstand des ganzen Herzens. Schneidet man statt auf einmal successiv den Venensack ab, so verlangsamt sich mit dem Fortschreiten des Schnittes die Herzbewegung, aber erst, wenn man die Grenze zwischen Venensack und Vorhof überschritten hat, tritt plötzlich der Stillstand ein. (Bezold). — Wenn nach Austilgung der obern Vorhofsganglien und während des dadurch erzeugten Stillstandes eine Schnur um die Grenze zwischen Kammer und Vorhof gebunden wird (Stannius) oder wenn in der Begrenzungsfurche die Kammer abgetragen wird, so beginnt die Kammer von Neuem zu schlagen, während der Vorhof ruht. Wird dagegen unter denselben Umständen der Schnitt unterhalb der Trennungsfurche im Kammerfleisch selbst geführt, so beginnen meist der mit dem Vorhof in Verbindung gebliebene Fleischring der Kammer und der Vorhof ihre Bewegungen wieder und zwar in solcher Reihenfolge, dass zuerst der Kammerrest und gleich nachher der Vorhof schlägt. — Ein Reiz, der das Herz trifft, während es in Folge eines Schnittes unterhalb der obern Vorhofsganglien stillsteht, bedingt eine totale Zusammenziehung, die meist an der Herzabtheilung beginnt, welche vom Reiz (einen Nadelstich) getroffen wurde. — Die ganze Reihe der Erscheinungen lässt sich an dem Herzen eines Frosches hervorbringen, der mit Curare vergiftet ist.

γ. Die Zahl der Herzschläge mehrt sich, wenn diejenigen Einflüsse, welche früher als nervenerregende bezeichnet wurden, wenn auch beschränkt, auf das Herz wirken, also nach elektrischen, mechanischen, einer bestimmten Zahl chemischer Eingriffe, Temperaturerhöhungen u. s. w.

Der Beweis, dass die angegebenen Mittel das Herz zur Bewegung anregen, ist entweder nur so zu geben, dass sie zu einer Zeit ihre Wirksamkeit für das Herz entfalten, in der das Herz ohne ihre Gegenwart still stehen würde (z. B. in der langen Pause während der Vaguserregung, oder kurz vor dem vollkommenen

Absterben des Herzens), oder dass sie die Zahl der Herzschläge für längere Zeit beträchtlich zu vermehren im Stande sind. — Mit Rücksicht auf die Wirkung der genannten Erreger ist noch zu bemerken: 1) Der Werth ihrer erregenden Wirkung wechselt mit dem Ort, auf den sie angewendet werden; so erzeugt, namentlich nach Bidder, ein Nadelstich sicherer eine Herzbewegung, wenn er auf die äussere Fläche der Ventrikel, als auf die der Vorhöfe angewendet wird; im Allgemeinen erweckt ein Erregungsmittel, auf die inneren Flächen des Herzens gebracht, leichter Bewegung, als von den äussern her. — 2) Eine einmalige, sehr vorübergehende Erregung des Herzens (auch wenn es ausgeschnitten und blutleer ist) ist nicht allein im Stande eine einmalige Zusammenziehung desselben zu erregen, sondern auch längere Zeit hindurch die Pause zu verkürzen, mit andern Worten, die Zahl der Herzschläge in der Zeiteinheit zu vermehren. Diese Erscheinung tritt in sehr auffallender Weise öfter an dem Ventrikel des Froschherzens auf, der in der Querfurche von den Vorhöfen getrennt ist. Ohne Zuthun eines Erregers liegt derselbe meist vollkommen ruhig; bestreicht man ihn aber mit der Spitze einer Nadel, so geräth er in viele rasch aufeinander folgende Zusammenziehungen. Wie hier ein rasch vorübergehender Erreger eine Nachwirkung hinterliess, so kommt diese unter andern Umständen erst zum Vorschein, wenn der Erreger das Herz längere Zeit hindurch angegriffen. So muss ein möglichst lebenskräftiges Herz anhaltend, mehrere Sekunden hindurch von den Schlägen eines starken Induktionsstromes getroffen werden, wenn auch das Herz nach der Entfernung desselben die ausserordentliche Zahl von Schlägen (bis zu 600 in der Minute) zeigen soll, die der Strom bei seiner Anwesenheit erweckt. — 3) Eine andauernde elektrische Erregung, die in allen andern Muskeln tetanische Krämpfe erzeugt, bringt das Herz im Ganzen nur zu schnelleren Bewegungen, aber nicht in eine tetanische Zusammenziehung. Dagegen wird die Muskelsubstanz in einem beschränkten Umfang an den Berührungsstellen des Herzens mit den Poldrähten zu einer tetanischen Zusammenziehung veranlasst, welche sich noch viele Minuten nach Entfernung des Erregungsmittels erhält. — 4) Die Auflösung vieler chemischer Stoffe, namentlich des Opiums, Strychnins, des Alkohols u. s. w., welche in die Herzhöhle gebracht wurden, beschleunigt für kürzere Zeit den Herzschlag, verlangsamt ihn aber dann, indem sie endlich das vollkommene Absterben des Herzens bedingt. — Ein Froschherz, welches in eine reine Sauerstoffatmo-

sphäre gebracht wird, schlägt rascher (Castell). Ein Gemenge von CO_2 und atmosphärischer Luft soll den Herzschlag kräftigen (Brown-Séquard).

Aus den mitgetheilten Beobachtungen sind einige Ableitungen über die Abhängigkeit der rhythmischen Herzzusammenziehung von den in ihm eingebetteten Nerven hervorgegangen, welche wenigstens als Ausgangspunkte neuer Untersuchungen erwähnenswerth sind. —

δ. Die Ruhe sowohl wie die Zuckung des lebenden Herzens sind Folgen einer im Herzen stattfindenden Erregung; beide Erregungsarten sind an räumlich getrennte Organe geknüpft, welche wahrscheinlich durch die Ganglienkörper dargestellt werden. Im Froschherzen, das aus Venensack, Vorhof und Kammer besteht, überwiegen die Organe, welche Zuckung erregen; in der Combination, die nur noch aus Vorhof und Kammer besteht, halten sich die bewegenden und beruhigenden das Gleichgewicht; in der losgetrennten Kammer endlich überwiegen wieder die bewegenden Kräfte. Dieses folgert man: weil ein Reiz, der das gesammte Herz trifft, nicht tetanus, sondern wechselnde Bewegung erzeugt, obwohl die einzelnen Muskelfasern tetanisirt werden können; weil der Auschnitt der obern Vorhofsganglien Ruhe, und das Abschneiden des Vorhofs wieder Erregung erzeugt. Setzt man hinzu, dass durch einen starken constanten elektrischen Strom nur die beruhigenden Nervenmassen in ihrer Erregbarkeit beeinträchtigt werden, so würde es auch begreiflich, warum ein solcher Zuckungen einleitet. —

Die Eigenthümlichkeit, dass ein vorübergehender Reiz auf das Herz wie auf den n. vagus in grösserer Zahl aufeinander folgender Bewegungen oder die eine längere dauernde Ruhe erzeugt, soll sich ableiten aus der Verbindung jener Nerven mit den Ganglien, da es gegen die Analogie verstösst, dem Nervenrohr diese Eigenthümlichkeit zuzuweisen. Das Nähere geben die angezogenen Schriften von Bidder, Eckhard, Bezold, Hoffa, Heidenhain.

ε. Eine auffallende Beschleunigung des Herzschlags soll erzeugt werden durch Erregung der in das Herz tretenden Zweige des n. sympathicus, oder seiner Ursprünge in dem Hirn und Rückenmark. Diese Behauptung scheint nicht für alle Thiere in gleicher Weise zu gelten. Mit Sicherheit lässt sich behaupten, dass eine Erregung des Grenzstrangs am Halse und in der obern Brustgegend beim Kaninchen den Herzschlag nicht beschleunigt

(Weinmann). Henle*) hat beim Menschen und Cl. Bernard**) beim Hunde nach Reizung des ersten Brustganglions eine Beschleunigung gefunden. Budge endlich konnte beim Frosch die im Erlöschen begriffene Herzbewegung wieder anregen durch Reizung des vom Schwanzbein bis in die Nähe des Herzens verlaufenden Grenzstranges, vorausgesetzt dass vorher die vagi durchschnitten oder die med. oblongata zerstört war. Donders***) bestätigt diese sehr merkwürdige Erscheinung. Die entgegengesetzte Ansicht, welche R. Wagner†) vertritt, die nemlich, dass die Erregung des Sympathicus eine Verlangsamung erzeugen kann, ist weder durch Weinmann, noch durch Heidenhain auf dem Wege des Versuchs bestätigt worden.

Die älteren Versuche, welche in der Absicht angestellt wurden, um den Beweis zu liefern, dass mit der Bewegung des Hirns, Rückenmarkes oder des sympathischen Grenzstranges die Herzbewegung beschleunigt, oder mit Zerstörung der erwähnten Theile verlangsamt, resp. vernichtet werde, leiden an so vielfachen Fehlern, dass es vollkommen unmöglich ist, ihnen noch irgend welchen Einfluss auf die Bildung eines Urtheils zu gestatten. Zunächst übersah man meist, dass das blossgelegte Herz eines absterbenden, mangelhaft oder gar nicht mehr athmenden Thieres aus Gründen, die zunächst in der veränderten Zusammensetzung des einströmenden Blutes liegen, in sehr unregelmässiger Weise schlägt. Volkmann††) hat hierauf zuerst die Aufmerksamkeit gelenkt. — Da nun auch ausserdem den Vivisectoren bis auf Ed. Weber und Budge die besondere Art des Einflusses, welche der n. vagus auf das Herz übt, entgangen war, so befanden sie sich ausser Stande, zu entscheiden: ob die Veränderung, welche nach Erregung oder Zerstörung einzelner Theile des Hirns, Rückenmarkes oder des peripherischen Nervensystems eintritt, die Folge einer directen Beziehung zwischen jenen Theilen und dem Herzen waren, oder ob sie es nur mit einer Veränderung zu thun hatten, welche an den Ursprungsstellen des n. vagus auf irgend welchem Umweg erzeugt war.

---

*) Henle in seiner und Pfeufers Zeitschrift. Neue Folge. II. Bd. p. 300.

**) Leçons de Physiologie experimentale II. 436.

***) Physiologie des Menschen. Leipzig 1856. p. 55.

†) Göttinger gelehrte Anzeigen. 1854. 5121.

††) Müllers Archiv. 1845.

Eine ausführlichere Besprechung der älteren Versuche von Humboldt, Legallois, Brachet u. s. w. siehe bei Johann Müller und Longet*).

Ueber die Häufigkeit des Herzschlags beim Menschen. — Da die Orte des Hirns, aus welchen der n. vagus seinen Ursprung nimmt, durch Seelenzustände, Reflexe oder Veränderungen in der Blutzusammensetzung in vielfach abgestufte Erregung kommen können, da die wechselnde Zusammensetzung des Bluts, die Bewegung des Brustkastens, der verschiedene Widerstand des vom und zum Herzen strömenden Blutes u. s. w. mannigfache Grade der Erregung und Erregbarkeit des Herzens selbst bedingen können, so lässt sich voraussehen, dass die Zahl der Schläge, welche das Herz des lebenden Menschen in gegebener Zeit vollführt, keine sich gleichbleibende sein wird. Eine sorgsamere Beobachtung der Herzschläge des lebenden Menschen hat nun in der That nicht allein die Schwankungen in den Zahlen der Pulsschläge erwiesen, sondern auch diese zu gewissen Lebensverhältnissen in Beziehungen zu bringen gewusst, so namentlich, dass die Beschleunigung des Pulses veränderlich sei mit dem Genuss der Nahrungsmittel, der Muskelbewegungen, dem Alter, Geschlecht, der Körpergrösse, dem Blutgehalt u. s. f. — Nach dem Mechanismus, durch den diese Umstände den Herzschlag umändern, hat man bis dahin nicht weiter gesucht, und es ist darum nicht zu entscheiden, durch welche der eben bezeichneten Weisen sie wirksam sind und ob dieselben die einzigen sind, welche den Herzschlag eines lebenden Menschen umändern können.

Da der Pulsschlag für den Arzt von grosser Bedeutung ist, so wird die Angabe der Regeln, nach welchen die Pulsveränderung zu beurtheilen ist, nothwendig sein. —

1. Die Zahl der Pulse in der Minute ändert sich mit der Tageszeit, und zwar unabhängig von der Nahrung und den Körperbewegungen. Fröhlich und Lichtenfels*) fanden, dass frühmorgens, 10 Stunden nach dem letzten Essen, die Pulszahl der Minute 69,3 betrug, 16 Stunden nach dem letzten Essen war sie auf 50 gesunken und 20 Stunden nach dem bezeichneten Zeitpunkt, war sie wieder auf 53,3 gestiegen. Die genauere Veränderlichkeit der Pulszahl mit der Zeit an dem Hungertage giebt die beistehende Curve (Fig. 33); auf die y sind die Pulszahlen, auf die x die Zeiten in Stunden nach der letzten Nahrungsaufnahme verzeichnet.

---

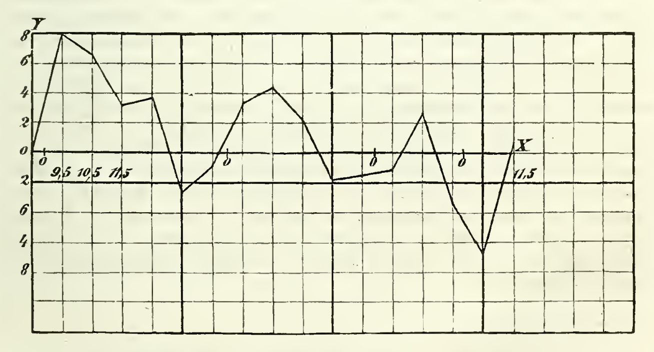
*) Longet, Traité de physiolog. II. Bd. deux. p. 192. 211. 347. — Anatomie et physiologie du système nerveux. II. 597.

**) Wiener Akadem. Denkschriften. III. 121.

2. Die Zahl der Pulsschläge ändert sich mit dem Genuss der Nahrungsmittel. Fröhlich und Lichtenfels geben an, dass nach dem Genuss eines Frühstücks aus Kaffee der Puls rasch ansteige, dann allmählig bis zum Mittagsessen sinke, von hier wieder, jedoch nicht so hoch wie früher, ansteige, bis zum Abendbrot falle, nach diesem abermals steige u. s. f. Dieser Gang wird durch die Curve (Fig. 34.) genauer dargestellt. In dieser Curve sind auf der Achse x die Zeiten nach Stunden aufgetragen, in der Art, dass zugleich die Zeiten des Essens angegeben sind; auf die erste 0 fällt das Frühstück, auf die zweite das Mittagsessen auf die dritte der Abendkaffee und auf die letzte das Nachtessen; unter diesen die Essensstunde bezeichnenden Zahlen sind die fortlaufenden Tagesstunden aufgetragen von 7,5 Uhr Morgens bis 11,5 Uhr Abends. Auf der Achse y ist die Anzahl der Schläge aufgezeichnet, um welche sich in der Minute der Puls zu der bezeichneten Zeit vermehrt oder vermindert hatte. Um die ganze Zahl der Pulsschläge zu finden, muss man also jedesmal die in der Curve verzeichneten zufügen oder abziehen zu oder von denen, welche sich nach 10stündigem Enthalten von aller Nahrung vorfanden. In dem vorgezeichneten Beispiel betrug dieselbe aber 69,3 Schläge. Aehnliche Beobachtungen giebt Vierordt *).

Fig. 33.

Fig. 34.



Mit einer Verlegung der Mahlzeiten muss diese Curve natürlich sehr verschiedene Gestalten annehmen. — Ein jedes Nahrungsmittel wirkt aber nicht auf gleiche Weise.

*) Vierordt, Physiologie d. Athmens. 1845. p. 69.

Bei Fleischnahrung soll der Puls rascher sein, als bei vegetabilischer (Guy). — Nach dem Genuss von Alkohol (Bier, Wein, Branntwein) steigt in den ersten Minuten die Zahl der Pulsschläge weit unter diejenige vor dem Genuss dieser Mittel, in den darauf folgenden aber erhebt sie sich hoch über die ursprüngliche Zahl, sinkt und steigt wieder, und kehrt so allmählich mit Schwankungen zu der alten Zahl zurück. — Kohlensäure (nach Genuss von Brausepulver) bringt den Puls gegen 20 Minuten lang zum Sinken, ebenso kaltes Wasser, während warmes Getränk, namentlich Kaffee, umgekehrt ihn zunächst steigen macht u. s. w. — Weitere Beobachtungen über Arzneistoffe siehe bei Lichtenfels und Fröhlich, Blacke*), Stannius**), Lenz***), Brunner†) und Traube††). Indem wir die ausführliche Erwähnung dieser Beobachtungen den Lehrbüchern der Heilkunde überlassen müssen, können wir uns nicht versagen, hervorzuheben, dass durch die genauen Versuche von Traube dem Digitalin eine eigenthümliche Stellung angewiesen ist. Dieses Gift erzeugt, wenn es in kleinen Dosen in den Kreislauf eingebracht wird, eine Verlangsamung, wenn es aber in grossen Dosen gegeben, so bedingt es eine Beschleunigung des Herzschlags; Traube erläutert diese Erscheinung daraus, dass das Digitalin vermöge seiner besondern Verwandtschaften auf die Hirnabtheilung wirkt, von welcher die Herzzweige des n. vagus erregt werden. In kleinen Mengen soll nun, nach Analogie vieler chemischer Erregungsmittel, das Gift erregend, in grossen Gaben vernichtend wirken, so dass das Herz im erstern Fall unter dem Einfluss des erregten, im letztern unter dem Einfluss des Vagus schlüge, der seiner normalen Erregung entzogen wäre. — Diese Erklärung wird bestätigt durch die Erfahrung, dass die den Puls verlangsamende Wirkung des Digitalins meistentheils augenblicklich aufgehoben wird nach einer Durchschneidung der n. vagi. Neben dieser Wirkung durch den n. vagus hindurch besitzt das Gift noch eine zweite, direkt gegen das Herz gehende, wie uns dieses die Versuche von Stannius und Traube bestätigen.

3. Die Zahl der Pulsschläge ändert sich mit den Zustäden aller übrigen Muskelmassen des zugehörigen Individuums, resp. mit ihrer Ruhe, Zusammenziehung, Ermüdung. — Fröhlich und Lichtenfels geben an, dass, wenn die Muskelmasse des Armes durch das Anhängen eines Gewichtes von 10 Pfund ausgedehnt worden, der Puls um ein weniges steigt; um mehr, wenn man den Arm bis zur Ermüdung gestreckt hält; und noch beträchtlicher, wenn man ein schweres Gewicht möglichst rasch hin- und herschwingt. Diese Steigerungen erhalten sich nur kurze Zeit, minutenlang, während sie stundenlang andauern nach starken Ermüdungen der Muskulatur des Gehapparates. Daraus ergiebt sich, dass der Puls im Stehen ein anderer ist, als im Sitzen und hier ein anderer, als im Liegen. Bei vielen Menschen wird schon durch Kieferbewegung der Pulsschlag beschleunigt. — Nach Guy*) soll mit passiven Bewegungen des Körpers die Zahl der Pulsschläge wachsen und durch Niederhängen des Kopfes abnehmen. Im Schlaf nimmt aus hier zum Theil entwickelten Gründen die Zahl der Pulsschläge ab.

---

*) Archive général. 1839. VI. Bd.
**) Archiv f. physiolog. Heilkunde. X. Bd.
***) Experimenta de ratione inter pulsus frequentiam etc. Dorpat. 1853.
†) Ueber mittlere Spannung im Gefässsystem. Zürich 1854.
††) Annalen des Charitékrankenhauses. 1851 u. 1852.
†††) Valentins Jahresbericht über Physiologie. 1848. p. 123.

4. Ein Sturz- oder Regenbad von + 13° bis 23° C. u. von kurzer Dauer ändert den Puls nicht; in einem solchen von kurzer Dauer mit Wasser von + 8° C. wird der Puls klein, aber er ändert seine Zahl nicht. — Bei einem anhaltend wirkenden Sturzbad von + 11° bis 21° wird der Puls zunächst schwach, langsam und unregelmässig; tritt in Folge des Bades allgemeines Zittern ein, so wird der Puls schwach, aussetzend und zuweilen unfühlbar. Diese Erscheinungen bleiben aus, oder mit andern Worten der Puls bleibt nach Zahl und Stärke unverändert, wenn statt der allgemeinen Douche nur der Arm gespritzt oder gebadet wird, wie auch die Temperatur des Wassers beschaffen sein mag (Bence Jones und Dickinson)*).

5. Bei höhern Temperaturen der Umgebung wird die Pulsfolge rascher als bei niedern.

6. Nach Volkmann**) und Guy nimmt in den ersten Jahren die mittlere Pulszahl rasch ab, dann aber allmählig bis zur Zeit der Pubertät zu, von da an erhält sie sich constant bis in das höhere Greisenalter, wo sie sich wieder um etwas hebt. Die Beobachtungen, welche diesen Behauptungen zu Grunde liegen, sind sämmtlich im Sitzen vor dem Mittagsmahl genommen; wie lange nach dem Genuss von Nahrung oder nach Bewegungen, ist nicht angegeben. Ueber den Puls Neugeborner siehe Seux***).

7. Mit der Körperlänge nimmt der Puls ab, so dass namentlich das grössere unter zwei gleich alten Individuen einen langsameren Puls hat, als das kleinere. Versuche, Pulszahl und Körperlänge durch eine empirische Formel in Zusammenhang zu bringen, siehe bei Volkmann†), Rameaux und Serrus††) etc.

8. Der Puls der Frauen ist im Allgemeinen schneller, als der der Männer bei Gleichheit des Alters, der Lebensart und Körpergrösse. Im Kindesalter tritt die Differenz weniger zu Tage, als im spätern.

9. Nach einem voluminösen Aderlasse belebt sich die Schlagfolge des Herzens (Volkmann)†††).

Ueber die Beziehungen zwischen Athemzügen und Pulsschlägen, siehe die Athembewegungen.

4. Ueber die Gleichzeitigkeit der Bewegung in den Elementartheilen der einzelnen Abtheilungen des Herzens. — Da das Herz aus einer grossen Zahl getrennter nur in Berührung befindlicher nervöser und muskulöser Elementartheile besteht, so kann die gleichzeitige Bewegung der beiden Vorhöfe und der beiden Kammern sich nur erläutern aus einer gegenseitigen Mittheilung der inneren Zustände der Elementartheile, aus welchen sich die erwähnten Abtheilungen zusammensetzen. Die Bedingungen, welche zum Zustandekommen dieser gegenseitigen

*) Brown Séquard, Journal de la physiologie. I. Bd. 72.
**) Haemodynamik. p. 433.
***) Valentins Jahresbericht über Physiologie für 1855. p. 89.
†) l. c. p. 430.
††) Bulletin de l'academie de Bruxelles, 1839.
†††) l. c. p. 371.

Mittheilung gehören, bestehen: a. In der unmittelbaren Berührung der einzelnen Theile. Schneidet man nemlich ein schlagendes Froschherz in mehrere Theile, so pulsirt jeder derselben zwar fort, aber die einzelnen Stücke bewegen sich nicht mehr gleichzeitig, (Volkmann*)). — b. Die einzelnen Abtheilungen müssen sich in annähernd gleichem Erregungszustande befinden, denn es verlieren auch an dem unversehrten Herzen die einzelnen Muskelbündel der Kammern die Gleichzeitigkeit ihrer Bewegung, wenn man schädliche Einflüsse in beschränkter Ausdehnung auf sie wirken liess. Namentlich geschieht dieses, wenn man anhaltend elektrische Schläge durch die Kammern sendet; hierdurch zieht sich bald dieser und bald jener Theil der letztern zusammen, ohne Betheiligung der übrigen. — c. Die Orte, an denen diese Uebertragung stattfindet, lassen sich nicht angeben; es ist nur zu behaupten, dass sie sehr verbreitet im Herzen vorhanden sein müssen, da jedes Stück eines zerschnittenen Herzens in Folge einer beschränkten Berührung, z. B. eines Nadelstichs, noch in eine totale Zusammenziehung gerathen kann.

Herztöne**). — Das mit Blut erfüllte, noch in normaler Verbindung mit seinen Arterien befindliche Herz erzeugt bei seiner Zusammenziehung zwei Töne, welche ebensowohl bei unversehrter Brustwandung gehört werden, wenn man das Ohr in der Nähe des Herzens auf die Brustwand legt, als auch, wenn man nach eröffneter Brusthöhle das Ohr mit dem freigelegten Herzen in Berührung bringt. —

Der erste dieser Töne, von dumpfem Klang, hält gerade so lange an, als die Zusammenziehung der Kammern währt, der zweite aber ist höher und kürzer, und erscheint als ein heller Nachschlag zum ersten, also gerade nach Schluss der Kammersystole. Die beiden Töne ändern sich, wenn die venösen und arteriellen Klappen der Ventrikel irgend welche Umwandlung ihrer Form oder ihrer Elastizität erfahren haben, und namentlich soll der erste mit der Veränderung der venösen, der zweite mit derjenigen der arteriösen (Semilunar-) Klappe nach Klang und Höhe wechseln. Daraus schliesst man, dass der erste Ton ent-

*) Müllers Archiv. 1844. — Bidder, ibidem. 1852. p. 163.

**) Kiwisch v. Rotterau, Würzburger Berichte. I. Bd. 9. — Nega, Beiträge zur Kenntniss u. s. w. Breslau 1852.

stehe durch Wellenbewegungen, die das strömende Blut in den Klappen und Chorden einleitet, welche die venösen Mündungen decken, der zweite aber durch das plötzliche Zusammenschlagen der arteriellen Klappen, die, wie wir später erfahren werden, in der That am Ende der Systole entfaltet werden. Diese Annahmen werden auf exclusivem Wege bestätigt durch die Erfahrung, dass sich innernalb eines Stroms tropfbarer Flüssigkeit, der in steifen Wänden durch unebene Oeffnungen dahin geht, nur sehr schwer Töne erzeugen; im Herzen liegt somit gar keine andere Möglichkeit des Tönens vor. Zudem finden sich, wie es scheint, die Sehnen und Klappen in einer zum Tönen hinreichenden Spannung.

Blutgefässe.

Vom hydraulischen Gesichtspunkte aus sind die Wandungen und die Binnenräume der Gefässe bedeutungsvoll.

1. Bau der Wandungen. — Sie sind, wenn ihr Bau die grösste Complikation zeigt, ein Gefüge aus elastischem, zelligen und muskulösem Gewebe, das auf der dem Lumen zugekehrten Fläche mit Epithelien versehen ist (Henle). — a. Das elastische Gewebe ist insofern der Grundtheil der Gefässwandungen, als es keiner Abtheilung desselben fehlt und einzelne wie z. B. die meisten Capillaren, nur aus demselben gebildet sind. — Dieses Gewebe zeichnet sich durch seine Dichtheit, Dehnbarkeit und seine Fähigkeit aus, sowohl in Faser- als in Plattenform erscheinen zu können. Unter Dichtheit (oder Porosität) verstehen wir den Widerstand, den es dem Durchritt von Flüssigkeit entgegenstellt, welche auf dem Wege der Filtration, also in Folge eines beliebigen Druckes, durch das Gewebe getrieben werden sollen. Rücksichtlich dieser wichtigen Eigenschaft ist es noch niemals einer genauen Untersuchung unterworfen worden, die mit besondern Schwierigkeiten verknüpft ist, weil wir bis jetzt noch keinen Fundort ermittelt haben, an dem man grössere Stücke homogener, nicht von groben Löchern durchbrochener Platten gewinnen konnte. Wir wissen nur, dass selbst sehr dünne Platten der sogenannten innersten Arterienhaut einen nicht unbeträchtlichen Druck einer überstehenden Wassersäule vertragen, bevor Wasser mit einer merklichen Geschwindigkeit durch sie dringt, und dass bei gleichen Drücken die Durchgangsfähigkeit der Membran mit der chemischen Zusammensetzung der Flüssigkeit wechselt und

dass namentlich Salz- und Eiweisslösungen schwieriger filtriren, als reines Wasser. — Die elastischen Eigenschaften des homogenen Gewebes haben ebenfalls aus Mangel desselben noch nicht untersucht werden können. Aus Versuchen, die mit möglichst reinen Fasernetzen angestellt worden sind, darf man schliessen, dass das durchfeuchtete elastische Gewebe Theil nimmt an den bemerkenswerthen Eigenthümlichkeiten vieler durchtränkter thierischer Substanzen, die auf p. 109 dieses Bandes erörtert sind. — Mit der Abnahme des Wassergehalts, oder der Gegenwart von Salzlösung in seinen Poren ist der absolute Werth der Coëffizienten in einer Zunahme begriffen. — Bei der Beurtheilung der elastischen Eigenschaften eines besondern Stückes unseres Gewebes kommt es natürlich auch darauf an, ob dasselbe aus einer homogenen Platte, oder aus Fasern besteht; in dem letzten, dem häufigst vorkommenden Falle, wird namentlich zu berücksichtigen sein, nach welchen Richtungen die Fasern verlaufen, und wie die Unterbrechungen angeordnet sind. — Da endlich das elastische Gewebe ebensowohl als eine vollkommen gleichartige Platte wie auch als ein Netz von Fasern der verschiedenartigsten Feinheit erscheinen kann, so ist dasselbe geeignet, einerseits vollkommen geschlossene Röhren von beliebigem Durchmesser und andrerseits auch ein die Wandungen derselben verstärkendes Netzwerk darzustellen.

β. Die Muskelschicht*) der Gefässe besteht überall aus der muskulösen Faserzelle; da die Eigenschaften derselben schon abgehandelt sind (I. Bd. p. 474.), so werden wir uns hier zu beschränken haben auf die Folgen, welche aus der besondern Anordnung derselben an den Gefässen hervorgehen. Zunächst ist hervorzuheben, dass die Muskeln nicht an allen Gefässen vorkommen; namentlich fehlen sie vielen Venen und durchgreifend den allerfeinsten Röhren. Wo sie erscheinen, kommen sie entweder nur als Ringlagen, wie in den Arterien (Henle), oder nur als Längsschicht, wie in den Venen, oder zugleich in beiden Lagerungen vor, wie in den meisten mitteldicken Venen (Kölliker). —

Das Bindegewebe und die Epithelien der Gefässe geben zu keiner weitern Betrachtung Veranlassung.

---

*) Kölliker, Handbuch der Gewebelehre. 1852. p. 555. u. f.

γ. Verknüpfung der Gewebe unter einander. Auf die schwierige Frage, wie diese Baumittel in der Gefässwand zusammengefügt sind, hat zuerst Henle*) Antwort gegeben.

Alle Gefässe, weite wie enge, Arterien und Venen, enthalten eine Lage gleichartiger elastischer Substanz, welche an das Lumen der Röhre entweder unmittelbar angrenzt, z. B. in den Arterien ersten Ranges, oder nur durch das Epithelium von ihm geschieden ist; sie stellt gleichsam das Grundrohr dar, an welches sich die andern Stoffe anlehnen. Zu diesen kommen in den Arterien noch weitere Lagen von elastischen Netzen und Muskeln. Die elastischen Netze enthalten um so breitere Fasern und demnach um so geringere Mengen von Oeffnungen, je weiter nach dem Innern sie liegen; diese dichten Lagen sind im Ganzen als innere Gefässhaut beschrieben und ihre einzelnen Blätter hat man als Fensterhäute u. s. w. bezeichnet. Je grösser der Durchmesser der Gefässe, um so stärker ist auch im Allgemeinen diese Haut. Weiter gegen den Umfang hin finden sich weitmaschige Fasernetze, welche zuerst von Muskeln und dann weiter nach aussen von Bindegewebe durchzogen sind. Bekanntlich nennt man die eine dieser Schichten die mittlere Arterienhaut, oder auch t. musculo-elastica; die andere aber die Zellhaut oder auch t. elastico-conjunctiva. Die Mächtigkeit dieser beiden letztern Gewebeabtheilungen zusammengenommen wächst im Allgemeinen mit dem Durchmesser der Arterienhöhle, eine Regel, die nur dann eine Ausnahme erleidet, wenn das Gefäss, statt wie gewöhnlich in einer Umgebung von lockerem Bindegewebe, durch steife, widerstandleistende Substanzen, z. B. durch Knochen dahin läuft. Im Einzelnen soll dagegen die Dicke der beiden Schichten im umgekehrten Verhältniss stehen, so dass, wenn die mittlere Haut abnimmt, die äussere im Zunehmen begriffen ist (Kölliker).

δ. Menge der Muskeln. Schliesslich sind die Schwankungen in den relativen Mengen der Muskeln und elastischen Substanz zu erwähnen. Im Allgemeinen überwiegt in den Arterien geringsten Durchmessers in der mittlern Haut die Muskelsubstanz in einem solchen Grade, dass man, ohne merklichen Fehler, sie geradezu als eine Muskelhaut bezeichnen kann, während in den stärkeren

*) Allgemeine Anatomie. Leipzig 1841. p. 490 u. f. — Donders und Jansen, Archiv für physiolog. Heilkunde. VI. p. 361.

Gefässen die elastische Schicht ebenfalls beträchtlich vertreten ist. In den letzten Gefässen, den sogen. Arterienstämmen und Zweigen erster Ordnung finden sich jedoch mannigfache Verschiedenheiten; nach Donders und Jansen überwiegt in den aa. aorta, anonyma, carotides, subclaviae, axillares und iliacae die elastische, in den aa. vertebrales, radiales, ulnares, coeliaca, mesaraicae, renales, crurales, popliteae die muskulöse Substanz.

Die feinsten Gefässe, oder Capillaren enthalten in der Grundhaut noch eine Kernschicht.*)

In den Venen**) sind die elastischen und muskulösen Bestandtheile in viel geringerer Menge enthalten, als in den Arterien von entsprechendem Durchmesser; aber auch hier gilt die Regel, dass die Wandungsdicke im Zunehmen begriffen ist, wenn der Durchmesser des Lumens wächst. Zudem sind die Wandungen der Venen in der unteren Körperhälfte im Allgemeinen denen in der obern überlegen. Die weiten Venen enthalten auch verhältnissmässig weniger Muskeln, als die engern; nach Wahlgren haben in allen grössern Venen die nach der Länge des Gefässes laufenden Muskeln das Uebergewicht, in der Art, dass nur die vena portarum, pulmonalis und die grösseren Extremitätenvenen merkliche Lagen von Quermuskeln tragen. Alle Venen unter 1 MM. Durchmesser sind dagegen von Längsmuskeln vollkommen entblösst.

Muskelfrei sind nach Kölliker die Venen und Sinus der Retina und der Schädelhöhle, der corpora cavernosa penis und der Milz. Der Bau der Klappen, welche allen Venen zukommen, mit Ausnahme der in den Lungen, dem Darm und dem Hirn vorhandenen, kann als bekannt vorausgesetzt werden.

2. Physikalische Eigenschaften der Gefässwand. — Da die Ableitung der Eigenschaften des Gemenges aus denen der einzelnen Bestandtheile nicht geschehen kann, so hat man zuweilen versucht, die der Gefässhaut insgesammt zu bestimmen und na-

---

*) Herr Prof. Meissner hat in seinem dankenswerthen Jahresbericht für 1856. p. 305 gegen den in der ersten Auflage des Werkes [früher mehr als jetzt] gebrauchten Ausdruck Epithelialschicht für Zellen oder Kerne, welche durch eine elastische Platte oder Faser verschmolzen sind, lebhaft protestirt. Die Form seines Auftretens wird er mindestens bedauern, wenn er S. 75, Zeile 10 von unten in der 1. Auflage dieses Werkes gelesen.

*) Schrant, over de aderligke bloetvaten u. s. w. — Wahlgren, framställning af Venensystems allmänna anatomie. Beide in Henle's Jahresbericht für 1851. p. 31. u. 38.

mentlich — den Reibungscoëffizienten, der zwischen der innern Membran und einer vorübergleitenden Flüssigkeit besteht. Man vermuthet, dass er bei der Glätte und der vollkommenen Dehnbarkeit derselben nicht beträchtlich sei. — Die Cohäsion der Venen fand Werthheim viel beträchtlicher, als die der Arterien, doch hat er beim Menschen nur die vena saphena und arteria femoralis verglichen; da er die Untersuchung begann, als die Muskeln schon in Fäulniss begriffen waren, so möchten seine Angaben gerade nicht sehr werthvoll sein. Seinen Beobachtungen widerspricht auch Volkmann*).

Elastizitätscoëffizient. Bei einem Gewebe, dessen Elastizität, weil es vorzugsweise durch diese Eigenschaft wirksam ist, wiederholt der Gegenstand eigner Untersuchungen geworden, dürfte es erlaubt sein, die neuen Angaben von Wundt**) über die Elastizität der thierischen Stoffe überhaupt einzuschalten.

Wenn ein bis dahin unbelastetes Gewebe durch ein angehängtes Gewicht verlängert wird, so nimmt es die Länge, welche ihm unter dem Einfluss des Gewichtes zukommt, nicht augenblicklich, sondern nur allmählig an, wie schon Bd. I. p. 430 für den Muskel erörtert wurde. Demnach unterscheidet man eine augenblickliche (Anfangs-), wie eine nachträgliche (Schluss-) Dehnung. Dieser Ausdruck darf jedoch nicht zu der Annahme verführen, dass die Bewegung, welche in der elastischen Masse die Formveränderung bedingt, in zwei zeitlich getrennten Absätzen geschehe; da im Gegentheil die Bewegung eine fortlaufende ist, deren Geschwindigkeit mit der fortschreitenden Zeit ungemein rasch abnimmt, offenbar darum, weil die Widerstände, welche sich in der Masse der Formveränderung entgegensetzen, mit der steigenden Dehnung sehr rasch zunehmen. Entlastet man die gedehnte elastische Masse, so strebt sie ihrer alten Form wieder zu, und erreicht dieselbe auch, vorausgesetzt, dass die Ausdehnung, welche die Längenheit der Masse erfuhr, nicht allzu beträchtlich gewesen, oder wenn, wie man sich gewöhnlich ausdrückt, die Elastizitätsgrenze durch die Ausdehnung nicht überschritten wurde. Ueber den zeitlichen Verlauf dieser Dehnung theilt Wundt mit: 1. Wird eine eingeleitete aber noch nicht vollendete elastische Bewegung durch einen Einfluss unterbrochen, der in einem zur bestehenden Bewegung entgegengesetzten Sinne wirkt, wird also z. B. die Belastung entfernt, bevor der Körper die Länge angenommen, welche dem Gewicht entspricht, und umgekehrt, so ändert das in Folge des vorher vorhandenen Einflusses bestehende Bewegungsbestreben den Gang der neuen Bewegung nach einem noch unbekannten Gesetz ab. — 2. Der zeitliche Verlauf der hin- und der rückgehenden Bewegung entspricht sich nur dann genau, wenn von dem belasteten Körper erst das Gewicht abgenommen wurde, als er die Gleichgewichtslage vollkommen erreicht hatte, welche ihm in Folge der Last zukam. Im andern Fall überdauert die Zeit der Verkürzung die der Ausdehnung. — 3. Die Geschwindigkeit, mit welcher die Formveränderung fortschreitet, ist nicht pro-

*) Haemodynamik. 289 u. 290.

**) Die Lehre von den Muskelbewegungen. Braunschweig 1858.

portional dem Unterschied der Längen, welche der ausgedehnte Körper schon angenommen und derjenigen, welche er dem angehängten Gewicht gemäss annehmen sollte. — 4. Die Geschwindigkeit ist abhängig von der schon vorhandenen Dehnung, so dass, wenn zwei gleiche Gewichtszusätze dieselbe schliessliche Ausdehnung erzeugen, diese früher erreicht wird, wenn die Bewegung vom Ruhezustand, später, wenn sie von der Dehnung durch ein schon vorhandenes Gewicht ausgeht.

Soll also der Elastizitätscoëffizient, d. h. das Gewicht gefunden werden, welches die Querschnittseinheit eines Körpers zu seiner doppelten Länge ausdehnen würde, so muss die gesammte Dehnung abgewartet werden. Da dieses bei thierischen Geweben wegen ihrer grossen Veränderlichkeit nicht angeht, so hat man sich mit einem Näherungsverfahren zu begnügen, indem man den Schluss der Dehnung, dann als eingetreten ansieht, wenn sich während fünf Minuten selbst durch das Mikroskop kein Längenzuwachs mehr nachweisen lässt; dieses Mittel ist aber nur unter der Voraussetzung anwendbar, dass bei jeder Belastung von demselben Ruhezustand ausgegangen wird. — Ausserdem ist bei der grossen Ausdehnbarkeit der thierischen Gewebe noch zu bedenken, dass man, um ein Elastizitätsmaass innerhalb der Elastizitätsgrenze zu finden, sich nur kleiner Belastungen zu bedienen hat. Denn die Elastizitätsgrenze kann nur innegehalten werden innerhalb gewisser Formveränderungen; sie ist also allgemein nicht von der Grösse des Gewichts, sondern von der Ausdehnbarkeit abhängig. Ueber die Einzelnheiten der Methode ist auf die Abhandlung von Wundt zu verweisen.

Die von Wundt den feuchten thierischen Geweben allgemein zugeschriebenen elastischen Eigenschaften sind: 1° Innerhalb gewisser Grenzen ist die Verlängerung den dehnenden Gewichten proportional. Dieser Satz widerspricht den von Werthheim (1. Bd. p. 52.) aufgestellten; der Widerspruch scheint wesentlich darin begründet, dass der letztre Physiker nur die augenblickliche Dehnung gemessen und wahrscheinlich nicht jedesmal von derselben Ruhelage aus gemessen hat. — Als Beispiel für das Elastizitätsmaass für 1 □ M. M. Querschnitt giebt Wundt für die Arterienhaut 72 Gr., für die Sehne 1669 Gr., den Nerven 1090 Gr., den todtenstarren Muskel 273 Gr., die drei ersten dieser Zahlen beziehen sich auf Theile des frischgetödteten Kalbes, die letzten auf einen Muskel des Rindes. — 2° die Elastizitätsgrenzen sind für verschiedene Gewebe verschieden, gross für Sehne und Venenhaut, klein für den Muskel. — 3° Alle Gewebe sind durch eine grosse Dehnbarkeit und eine beträchtliche elastische Nachwirkung und zugleich durch die grosse Veränderlichkeit derselben ausgezeichnet. — 4° Jenseits der Elastizitätsgrenzen nimmt wie bei allen Stoffen, die Ausdehnbarkeit mit den wachsenden Gewichten ab. —

Die für den quergestreiften Muskel insbesondere geltenden Gesetze würden für unsern Fall von Belang sein, wenn die Gleichartigkeit des Verhaltens zwischen ihm und dem glatten Muskel feststünde. In Ermangelung dieses Nachweisses dürfte es gerathen sein, nur den einen Umstand hervorzuheben, dass der vom Blut durchströmte

Froschmuskel ein geringes Elastizitätsmaass besitzt, als das vom Blut befreite, wenn auch noch reizbare Fleisch. Diese Thatsache muss gegen den Werth aller vorliegenden Bestimmungen den Elastizitätscoëffizienten der gesammten Gefässhaut Zweifel erregen. Die Ausdehnbarkeit der Arterienhaut und insbesondere der Aorta fand Harless*) nach Länge und Breite gleich gross, während andere Beobachter und namentlich Volkmann die Arterienhaut nach der Länge ausdehnbarer antrafen, als nach der Quere. Von der Menge, welche ein Gefäss unter steigendem Druck fassen kann, handeln Donders**) u. Gunning.

Sichere Angaben über die Ausdehnbarkeit der freien Gefässwand würden übrigens noch nicht hinreichen, um einen Schluss auf ihre Widerstandsfähigkeit innerhalb des Körpers zu ermöglichen, da offenbar diese ebenso durch die mehr oder weniger grosse Nachgiebigkeit der Umgebung des Gefässes wie durch den zeitweiligen Verkürzungsgrad der Muskeln in der Gefässwand bedingt ist.

Aus allen vorliegenden Thatsachen kann aber mindestens das abgeleitet werden, dass die Arterien von grösserem Querschnitt, bevor sie zerreissen, einen stärkern Druck zu ertragen vermögen, als alle übrigen Gefässe, und zugleich werden sie den filtrirenden Flüssigkeiten den bedeutendsten Widerstand entgegensetzen.

3. Einfluss der Muskeln. Eine von dem Druck des Inhaltes und der Umgebung unabhängige Veränderung ihres Durchmessers werden nur die Gefässe erleiden können, welche mit Muskeln versehen sind***). Dem anatomischen Befunde entsprechend, verengern sich nun in der That unter dem Einfluss der elektrischen Schläge eines Induktionsapparates die Capillaren gar nicht (vorausgesetzt, dass sie nicht in muskelhaltigem Gewebe sich verbreiten), wenig die Venen und grossen Arterienstämme, am meisten aber die engeren und engsten Arterienstämme, welche sich bis zum vollkommenen Verschwinden ihres Lumens contrahiren können (E. H. und Ed. Weber). Diese Zusammenziehungen der Gefässe treten, den Eigenschaften der Muskeln entsprechend, in Folge der erregenden Einwirkungen nur sehr allmählig ein und erhalten sich auch noch lange Zeit nach Entfernung des Erregers. — Die Muskeln sind übrigens nicht allein von Be-

*) Valentins Jahresbericht für 1858. p. 154.

**) Physiologie des Menschen; aus dem Holländischen von Theile. Leipzig 1856.

***) Hildebrandts Anatomie, Ausgabe von E. H. Weber. III. Bd. 79. — E. H. u. Ed. Weber, Müllers Archiv. 1847. 232. — Kölliker u. Virchow in den Würzburger Verhandlungen. V. Bd. 20.

deutung durch ihre Fähigkeit, sich zu verkürzen, sondern auch durch ihre elastischen Kräfte; denn die vorzugsweise muskelhaltigen Gefässe werden durch denselben Blutdruck in ganz verschiedener Weise ausgedehnt, je nachdem ihre Muskeln in Folge einer heftigen und anhaltenden Zusammenziehung ermüdet waren, oder je nachdem sie im vollkommen erregbaren Zustand sich befanden. Entsprechend der Beobachtung, dass der Elastizitätscoëffizient der ermüdeten Muskeln niedriger ist, als der erregbaren, dehnt sich in den erstern der bezeichneten Fälle das Gefäss durch denselben Druck viel weiter aus, als in letzteren (E. H. und Ed. Weber). Diese Thatsache könnte allerdings neben dieser auch noch die andere Auslegung erfahren, dass die Nerven desselben für gewöhnlich eine tonische Erregung in die Muskeln senden; ja es wird diese letztere Annahme sehr viel wahrscheinlicher in Anbetracht des Umstandes, dass Gefässe deren Nerven durchschnitten sind, sich auf die Dauer ausweiten. — Indem aber die Muskeln zeitweise in den Zustand einer stärkeren Zusammenziehung treten, werden sie zugleich die bleibende Verlängerung oder Reckung aufheben, welche in allen elastischen Stoffen vorkommt, die einem constanten Druck ausgesetzt sind; denn während einer Zusammenziehung der Muskeln werden die elastischen Gewebe gleichsam entlastet, und es wird ihnen somit Zeit gegeben, sich wieder auf ihre wahre Länge zu verkürzen. Alle Gefässe, deren Muskeln, resp. Nerven, den natürlichen Erregern entzogen sind, werden darum sich allmählig erweitern.

4. Die Nerven der Gefässwandung*). Die cerebrospinalen Bahnen derselben sind: die n. n. trigeminus, facialis (?), vagus (?), spinales, sympathicus. Aus dem Trigeminus giebt es Aeste für die Gefässe der conjunct. bulbi und Iris, vielleicht auch für die der Schleimhautdecke des Oberkiefers (Magendie). — Aus dem facialis für die Haut des Ohrs (?) (Bernard). — Aus dem Vagus für Ohr (Schiff) und Lungengefässe (?) — Aus dem plex. cervicalis zuweilen Haut des Ohrs und Hinterhaupts (Schiff). — Aus dem plex. brachialis für die Gefässe von Haut und Muskeln

*) Günther, Untersuchungen und Erfahrungen im Gebiete der Anatomie etc. Hannover 1837. — Cl. Bernard Recherches expérimentales sur le grand Sympathique. Paris 1854. — Pflüger, Allgemeine mediz. Centralzeitung 1855. Stück. 68 u. 76. 1856. Stück. 32. — Schiff, neurolog. Untersuchungen. Frankfurt 1855. — Snellen, Archiv für holländ. Beiträge. Utrecht 1857. I. Bd. 206. Gunning, ibid. 305. — Bernard, Gazette médicale 1858. p. 428. — v. Bezold, Ueber die gekreuzten Wirkungen des Rückenmarks. Zeitschrift für wiss. Zoologie 1858.

der obern Extremität (Schiff). — Aus den Dorsal- und Lumbalnerven die Gefässe der Rumpfhaut (?) — Aus denen der plex. lumbalis und sacralis die Gefässe der untern Extremität (Pflüger, Schiff). — Aus dem Sympathicus und zwar dem Halsstrang für die Gefässe: der Hirnhaut (Donders) der Conjunctiva und Chorioidea bulbi, (Snellen) der Iris (?), der Kopf- und Gesichtshaut (Budge, Bernard, Waller), der Speicheldrüsen (Bernard). — Aus dem Bruststrang für die Gefässe der obern Extremität (Schiff) und die Zweige der a. coeliaca. — Aus dem Lendenstrang für die Darm-, (Pflüger) Nieren-, Leber-, Milz-, Penisgefässe (Günther). — Aus dem Kreuzbeinstrang für die Gefässe der untern Extremitäten.

Die in den spinalen und sympathischen Bahnen enthaltenen Gefässnerven lassen sich durch das Rückenmark hindurch bis in das verlängerte Mark hinein, aber nicht darüber hinaus verfolgen (Nasse, Budge, Brown-Séquard, Schiff, Pflüger, Bezold); denn nur eine Durchschneidung des Rückenmarkes trennt sie von ihren natürlichen Erregern. Schiff giebt an, dass die Gefässnerven der Füsse und Unterschenkel in das Rückenmark eintreten und dort auf derselben Seite bis in das verlängerte Mark laufen; die für den Oberschenkel sollen wahrscheinlich erst in das Brustmark eingehen; die Gefässnerven für den Kopf und die obere Extremität treten in das obere Brust- und das untere Halsmark. (Budge). Im verlängerten Mark selbst sollen sie nach Schiff so liegen, dass die des Kopfs, des Vorderarms und Unterschenkels, der Vorder- und Hinterfüsse auf der gleichnamigen, die des Rumpfes, der Schultern des Oberarms und Unterschenkels aber auf der entgegengesetzten Markhälfte zu finden seien. Bezold bestreitet, dass es nöthig sei, eine gekreuzte Lage der zuletzt genannten Gefässnerven im Mark anzunehmen.

Als Kennzeichen für die Abhängigkeit eines Gefässbezirks vom betreffenden Nerven diente die mit blossem Auge oder durch das Mikroskop sichtbare Verengung der Gefässstämme, oder die Entleerung des aus jenen Stämmen gespeisten Capillarbezirkes (Erblassen), Beides in Folge einer bestehenden Erregung der zugehörigen Nerven (Budge, Waller). Abgesehen von den allgemeinen Vorsichtsmaassregeln gegen die bei der Reizung sich einschleichenden Fehler ist hier noch für besondere Fälle, namentlich die Extremitäten zu beachten, dass auch ein zusammengezogener Skelet-Muskel einen grossen Gefässstamm zusammendrücken und dadurch das Erblassen des von jenem Stamm abhängigen Gefässganes erzeugen könnte. Man muss sich also zu vergewissern suchen, dass in solchen Fällen das Erblassen auch noch eintritt, ohne dass eine Zusammenziehung solcher Muskeln ins Spiel kommt (Pflüger). — Als Merkmal der Abhängigkeit dient ferner, dass einige Zeit nach erfolgter Durchschneidung die feinsten Aeste

des zugehörigen Gefässbaumes sich strotzend füllen (Hausmann), so dass ihre Gebiete nach kleinen Verletzungen (Nadelstichen) stark bluten (Türck), und diese letztern auch das Blut warm erhalten trotz solcher Einflüsse, die in wie gewöhnlich durchströmten Bezirken eine merkliche Abkühlung erzeugen (Bernard). Letzte beiden Hilfsmittel gewähren bei undurchsichtiger Oberhaut schätzbare Auskunft. — Mit der Steigerung der Temperatur in den Provinzen, deren Gefässnerven durch den Schnitt gelähmt sind, geht meist eine Abkühlung der gleichnamigen in der entgegengesetzten Körperseite Hand in Hand. — Versorgen gleichzeitig zwei Gefässnerven ein Körperstück, und sind dessen Gefässe der unmittelbaren Anschauung zugängig, so soll man dadurch ein Resultat gewinnen, dass die beiden Nerven nicht unmittelbar nacheinander, sondern nach einer grössern Zwischenzeit durchschnitten werden; die Gefässerweiterung und ihre Folgen, welche nach der Durchschneidung des ersten Nerven eintreten, verschwinden nämlich unter dem Einfluss des noch vorhandenen und kommen nun erst wieder nach Durchschneidung des zweiten und zwar verstärkt und dauernd zum Verschwinden (Schiff). — Eine eigenthümliche Verwicklung bietet die Durchschneidung des obersten Halsmarkes; sie ist begleitet von dem Steigen der Temperatur in den Endtheilen der gleichseitigen Gliedmaassen, während die Temperatur des Rumpfs, des Oberarms und der Oberschenkel auf der verletzten Seite etwas unter die der entgegengesetzten sinkt. Schiff schloss hieraus sogleich, dass alle wärmern Theile ihre Gefässnerven aus der durchschnittenen Markhälfte empfingen, die kältern aber aus der entgegengesetzten. Bezold giebt mit Recht zu bedenken, dass die abgekühlte Haut über Muskeln sich ausbreite, welche durch den Markschnitt gelähmt und somit niedriger temperirt sind, so dass sich die Temperaturerniedrigung der Haut auch aus der Berührung mit der kühlern Unterlage erklären lasse.

Die Erregungen welche die Gefässnerven im gewöhnlichen Verlauf des Lebens empfangen, sind ihrem zeitlichen Verlaufe nach tonische oder vorübergehende. Dafür dass der Durchmesser der Gefässe, wie er beim mittleren Stand des Lebens erhalten wird, in der That von einer dauernden Nervenerregung abhängt, spricht unwiderleglich die Thatsache, dass nach Durchschneidung eines Gefässnerven die von ihm abhängigen Gefässe sich erweitern, ohne dass etwas Aehnliches in andern Gefässen mit unverletzten Nerven vorgeht. Die Veranlassung zur tonischen Erregung geht in allen uns bekannten Fällen vom centralen Mark und nicht von den in die Gefässnerven eingestreuten Ganglien aus, da sich der Erfolg der Lähmung gleichbleibt, ob man das verlängerte Mark, oder die Nerven unmittelbar nach dem Austritt aus letzterem, oder nach ihrem Durchgang durch die Ganglien durchschneidet. — Die tonische Erregung der Nerven für die Gefässe der Cutis macht Donders abhängig von der Temperatur des Bluts; mit der steigenden Wärme desselben sinkt und mit der abnehmenden steigt die Zusammenziehung der Gefässmuskeln. Aber dieser Erfolg ist kein nothwendiger; denn im Kältestadium des Wechselfiebers ist die Blutwärme gestiegen und zugleich ein heftiger Krampf in den

Blutgefässen der Haut zugegen. — Die vorübergehende Reizung oder Minderung der tonischen Erregung kommt zu Stande entweder α) automatisch; das deutlichste Beispiel liefert hierfür das Ohr des Kaninchens, in welchem die Gefässe nach einer sehr unregelmässigen Zeitfolge sich verengern oder erweitern; diese rhythmische Erregung findet sich am leichtesten ein, wenn die Gefässmuskeln in einem mittleren Grad von Zusammenziehung sind, also nicht am blassen und auch nicht am gepurpurten Ohr (Schiff); β) durch leidenschaftliche Erregung, wie Jedermann z. B. die Angstblässe bekannt ist; — γ) durch Mitbewegung, d. h., wenn die Nerven willkührlicher Muskeln erregt werden, so ziehen sich auch die Gefässe zusammen, deren Nerven in einem gemeinsamen Stamme mit denen jener Muskeln laufen. Diese Zusammenziehung geschieht an Orten, an welchen sie nicht durch ein Zusammendrücken von Seiten der Muskeln erklärbar wird, z. B. nach Bewegung der Schenkelmuskeln in der Schwimmhaut des Frosches (Gunning). Siehe hierüber noch: Muskelernährung. — δ) Auf reflektorischem Wege nach Erregung der sensiblen Nerven, welche in der Nähe eines Gefässbaums enden. So z. B. die Gefässe im Ohr des Kaninchens nach vorgängigem Kneifen dieses Organs (Snellen); es würde vielleicht für den Praktiker von Belang sein, die reflektorischen Beziehungen der einzelnen Gefässgauen festzustellen.

Die bisher geschilderten Erregungen erzeugen sämmtlich eine Verengerung der Gefässe wie sie die Zusammenziehung ihrer ringförmigen Muskeln verlangt. Wenn diese Zusammenziehung längere Zeit hindurch in hohem Grade bestand, so folgt gewöhnlich eine Ermüdung der Nerven und Muskeln und in Folge dessen eine über das gewöhnliche Maas hinausgehende Erweiterung der Gefässe.

Im Gegensatz zu dieser nachträglichen beschreibt Cl. Bernard auch eine ursprüngliche Erweiterung der Gefässe unter dem Einflusse der Nervenreizung. Sie ereignet sich, wenn die vom Ram ling. trigemini zur Unterkieferspeicheldrüse verlaufenden Nerven gereizt werden, und äussert sich durch ein rascheres Ausströmen von Blut aus den Speichelvenen. Wenn diese Erscheinung eine unmittelbare Folge der Nervenreizung ist, so konnte sie nur durch die Erschlaffung der gewöhnlich tonisch angespannten Muskeln nach Analogie der Vaguswirkung auf das Herz erklärt werden. Unter diesem Gesichtspunkt kommen viele Gefässerweiterungen, wie z. B. die Schaamröthe, die Röthung des Pankreas

während seiner Absonderungszeit, die Hautröthungen bei Neuralgien u. s. w. in ein neues Licht. —

Ausser den durch Vermittlung des Hirn- und Rückenmarkes erzeugten Gefässveränderungen treten viele in Folge örtlicher Einwirkungen auf; die Zurückführung derselben auf ihre wahre Ursache ist oft schwierig, weil sich neben der unmittelbaren Betheiligung der Nerven und Muskeln auch noch die Wirkungen des veränderten Blutstroms einstellen; dieser letztere kann aber durch Umstände alterirt werden, welche zugleich Nerven- und Muskelreize sind, wie z. B. durch Wärme, die den Reiz mindert; durch Salze, welche die Blutflüssigkeit verdicken (Virchow); durch Säuren und Alkali, welche die Gefässwand tödten und das Blut gerinnen u. s. w. Es ist daher für unsere Zwecke nothwendig, bei örtlicher Anwendung der Reize zuerst den Blutstrom durch Unterbindung grösserer Gefässe zu beseitigen, wie dieses von H. Weber und Gunning geschehen. Von den auf diesem Gebiete gewonnenen noch spärlichen Erfahrungen heben wir hervor, dass nach örtlicher Anwendung der Electrizität die Zusammenziehung der Gefässe öfter peristaltisch weiterschreitet, und nach Entfernung des Reizes oft noch länger als eine halbe Stunde stehen bleibt (Wharton, Jones, Gunning). —

Eine ganz eigenthümliche zeitweise wiederkehrende Bewegung bemerkte Gunning in der Schwimmhaut junger Frösche; sie erregt dadurch unsre Aufmerksamkeit, dass sie auch in einem Thiere beobachtet wurde, welchem 14 Tage vorher der plex. ischiadicus und die sympathischen Zweige durchschnitten waren.

5. Gefässräumlichkeit. So wenig es von Belang sein würde, den mittleren Gesammtraum, der von den Gefässwänden umschlossen wird, und die Veränderungen desselben durch den steigenden Druck des Inhalts oder die Zusammenziehung der Wand anzugeben, ebenso wichtig dürften die Fragen sein: wie verhält sich der Inhalt der einzelnen Gefässarten zu einander, der Arterien zu den Capillaren, zu den Venen; oder wie stellt sich zueinander die Räumlichkeit der einzelnen Abtheilungen des Gefässsystems, z. B. der Lungen- zu den Körpergefässen, zu den Darm-, den Nieren-, Leber-, Hirn- u. s. w. Gefässen; in welchem Verhältniss variirt die Räumlichkeit der einzelnen Gefässarten und Abtheilungen mit dem veränderlichen Drucke der einströmenden Flüssigkeit u. s. w.

Die hier berührten Fragen sind wiederholt aufgeworfen, zum Theil ist sogar ihre Lösung versucht, aber mit nicht hinreichenden Hilfsmitteln. Namentlich hat man öfter die Gefässe mit erstarrenden Massen ausgespritzt und aus der Menge und dem spezifischen Gewicht des hierzu verbrauchten Materials das erfüllte Volum berechnet. Diese Versuche, die man meist zu andern Zwecken angestellt hat, würden für den vorliegenden brauchbar sein, wenn man darauf bedacht gewesen wäre, entweder das ganze, oder nur eine bestimmte Abtheilung des Gefässsystems vollkommen zu füllen und wenn man den Druck, unter dem die Füllung geschehen wäre, gemessen hätte *). —

Dem Augenschein nach ist im Körperkreislauf ganz unzweifelhaft das Gesammtlumen der venösen Gefässe dem der Arterien ausserordentlich überlegen, da die Länge der den beiden Abtheilungen zukommenden Gefässe mindestens gleich, die Stämme und Aeste im Venenbereich aber zahlreicher vorhanden und zugleich von grösserem Durchmesser sind; da die Venen, mit den Arterien verglichen, dünnwandiger sind, und da ein sehr beträchtlicher Theil derselben in der Haut, d. h. in ein sehr nachgiebiges Gewebe eingebettet ist, so werden hydrostatische Drücke von gleichem Werth die Venen weiter ausdehnen, als die Arterien. — Im Lungenkreislauf sind dem Augenschein nach die Unterschiede zwischen dem Venen- und Arterieninhalt nicht so beträchtlich; nach den Messungen von Abegg soll hier sogar die venöse Abtheilung weniger räumlich, als die arterielle sein.

Wie sich die Räumlichkeiten der Capillaren verhalten mögen, liegt ganz im Unklaren. Jedenfalls muss die Veränderlichkeit derselben in der innigsten Beziehung stehen zu der Nachgiebigkeit des Gewebes, in dem sie verlaufen, da sie sich an das Lager eng anschliessen, in das sie eingebettet sind.

Veränderung des Lumens mit der Vertheilung der Gefässe. Eine dem Hydrauliker nützliche Beschreibung der Gefässlumina fehlt noch gänzlich; es lassen sich nur wenige wichtigere Bemerkungen aus den bis dahin gelieferten Beschreibungen ziehen. α. Die mittlere Länge eines Gefässes ist im Allgemeinen um so geringer, je kleiner sein mittlerer Durchmesser ist. — Aus diesem Gesetz folgt, dass die Capillaren nach beiden Seiten hin in kurze Stämmchen zusammenlaufen, welche möglichst rasch zu immer weitern und längern sich vereinigen; die relative Länge der einzelnen Stücke ist noch nicht gemessen worden. — β. Bei der Verästelung der Arterien gilt die Regel, dass jeder Zweig, der aus

*) Literatur siehe bei Valentin, Lehrbuch. I. Bd. 2. Aufl. p. 494 u. 495. und Abbeg in Valentins Jahresbericht über Physiologie für 1848. p. 120.

einem Stamme hervortritt, einen geringeren Durchmesser besitzt, als dieser. Zählt man dagegen die Querschnitte sämmtlicher Aeste zusammen, welche von einem Stamme abgehen, so ist die hieraus hervorgehende Summe grösser, als der Querschnitt des Stammes vor der Verästelung. Von dieser Regel sollen nach Paget, Donders und Jansen*) nur eine Ausnahme machen: das Aortaende und die iliacae, indem von dem erstern zu den iliacis, und von den iliac. commun. zur externa und interna das Lumen enger werden soll. Die Zahlen der folgenden Tabelle, welche das Verhältniss der Querschnitte ausdrücken, verdeutlichen dieses.

Bogen der Aorta	zu	den	Aesten	= 1 : 1,055
Carotis communis	„	„	„	= 1 : 1,013
Subclavia	„	„	„	= 1 : 1,055
Iliaca commun.	„	„	„	= 1 : 0,982
Innominata	„	„	„	= 1 : 1,147
Carotis extern.	„	„	„	= 1 : 1,190
Aorta abdominalis über den Iliacae	„	„	„	= 1 : 0,893
Iliaca extern.	„	„	„	= 1 : 1,150

Das erwähnte verhalten des Strombettes an der Gabel der Bauchaorta fand auch Folmer**) ausnahmslos bestätigt; er bestreitet dagegen, dass bei allen andern Theilungen ebenso ausnahmslos die Erweiterung gelte; so fand er

das Flussbett der anonyma in 9 Fällen durch Theilung nur 8 mal vergrössert
„ „ carotis comm. in 14 „ „ „ „ 4 „ „
„ „ iliaca comm. in 18 „ „ „ „ 3 „ „
„ „ cruralis in 12 „ „ „ „ 10 „ „
„ „ coeliaca u. renalis in allen untersuchten Fällen vergrössert.

Der Gesammtquerschnitt der Capillaren übertrifft höchst wahrscheinlich den des Arteriensystems im Beginn um ein sehr Beträchtliches. In den verschiedenen Körpertheilen stellt sich aber offenbar das Verhältniss der Querschnitte zwischen den zuführenden Arterien und den aus ihnen hervorgehenden Capillaren sehr verschieden. Innerhalb des Capillarsystems selbst, d. h. so lange jedes einzelne Gefäss seinen mittleren Durchmesser nicht verändert, finden sich, wie später im Einzelnen dargethan werden soll, offenbar ebenfalls Schwankungen im Gesammtquerschnitt. — Bei der Sammlung der vielen Einzelquerschnitte in die wenigen

---

*) Donders u. Bauduin, Handleiding tot de natuurkunde. II. a. p. 91. —
**) Valentins Jahresbericht für 1856. etc.

der grössern Venen sollen sich die Verhältnisse gestalten wie in den Arterien, d. h. es sollen in der Richtung nach den grössern Venenstämmen hin die Gesammtquerschnitte in einer Abnahme begriffen sein.

Den Gefässquerschnitt findet man am todten oder mindestens am blossgelegten Gefäss entweder aus dem Umfang des aufgeschnittenen oder aus dem Durchmesser des geschlossenen durch Blut ausgedehnten oder mit einer Pinzette plattgedrückten Gefässes. Im letztern Fall zieht man von der Bruttozahl die doppelte Wanddicke ab. Zur Ermittlung der letztern bedient sich Vierordt einiger besonderer Hülfsmittel. — Jedenfalls würden solche Messungen der Wissenschaft noch nützlicher sein, wenn sie statt eines die verschiedenen Werthe des Durchmessers angäben, welchen das Gefäss bei wechselndem Druck und bei gleichem Erregungszustand der Muskeln oder bei gleichem und wechselndem Zusammenziehungsbestreben der letztern annimmt. — Den Durchmesser der lebenden und zugleich bedeckten Gefässe sucht Vierordt*) durch Rechnung und Messung auf. — Im erstern Fall setzt er auf eine Schlagader, die über einen Knochen hingeht, ein leichtes Plättchen mit einem senkrecht gehaltenen Stab auf, und bestimmt, um wieviel sich das obere Ende des letzteren senkt, wenn nun das Plättchen soweit belastet wird, dass sich die innern Gefässwandungen berühren. Obwohl dieses Verfahren vom Erfinder selbst nur als Schätzung bezeichnet wird, ist es doch unzweifelhaft namentlich als Fingerzeig von Werth. — Die zweite Methode zieht den Satz zu Hilfe, dass sich innerhalb eines Röhrensystems von veränderlicher Weite an den verschiedenen Abschnitten desselben die Geschwindigkeiten eines sie durchkreisenden Stromes umgekehrt verhalten müssen, wie die Querschnitte. Würde also die mittlere Geschwindigkeit in der Aorta oder einem beliebigen Arterienstamm bekannt sein, und ferner der Durchmesser, der ihr während der beobachteten Stromgeschwindigkeit zukommt, und zugleich die Geschwindigkeit eines Stroms, welcher zu derselben Zeit in allen Aesten der Aorta oder des beliebigen Stammes vorkäme, so könnte man daraus die Gesammtquerschnitte dieser Aeste berechnen. Alle diese Vorkenntnisse, so weit sie vorhanden, sind aber mit so grossen Fehlern behaftet, dass faktisch die Methode nicht anwendbar ist.

γ. Die kleinern Abtheilungen des thierischen Körpers (Organe und Gliedstücke) erhalten aus verschiedenen Stämmen oder Aesten der Arterien gleichzeitig Gefässe; diese Gefässe verbinden sich nun entweder (wie im Hirn, der Hand, den Mesenterien), bevor sie zur Capillarvertheilung schreiten, so dass aus den grossen Verbindungsbogen erst die Arterien der letztern Ordnungen ausgehen, oder es verästeln sich die einzelnen Arterien isolirt bis zu den letzten Zweigen, die dann erst unmittelbar vor oder innerhalb des Capillarsystems sich verbinden. In der ausgedehntesten Weise bilden sich dagegen Capillar- und Venennetze. — δ. Da der Blutstrom nur von einem Ort ausgeht und wieder zu ihm zurückkehrt, da die Aeste auf ihrem Wege noch anastomosiren, so müs-

*) Die Erscheinungen u. Gesetze der Stromgeschwindigkeit. Frankf. 1858. 64. u. l. c. p.65. u.f.

sen in dem Gefässsystem unzählige Bogen und Winkel liegen, deren Werthe veränderlich werden mit den Körperstellungen und den Spannungen innerhalb des Gefässsystems. Man muss sich darüber verständigen, dass diese Bogen und Winkel und deren Variationen unter den bezeichneten Verhältnissen mit wenigen Ausnahmen nicht messbar sind, dass aber die Bestimmung dieser wenigen zu keinen für die physiologische Hydraulik wichtigen Aufschlüssen führen kann. —

Von dem Verhalten des Blutes in den Gefässen.

1. Spannung des ruhenden Blutes in den Gefässen. — Wenn alle Bewegungsursachen des für gewöhnlich bestehenden Blutstroms ausser Wirksamkeit gesetzt sind, so muss nach Verfluss einer gewissen Zeit unzweifelhaft im Gefässsystem ein Zustand der Ruhe eintreten, der sich dadurch markirt, dass die Spannung des Blutes, insofern sie nicht von der Schwere abhängig ist, überall die gleiche ist. Es fragt sich nun, ob nach dem Eintritt dieser Ruhe sich das Blut an jedem beliebigen Ort in der Spannung befinde, welche ihm vermöge der Schwere, resp. der auf ihm lastenden Blutsäule, zukommt, oder ob diese Spannung eine höhere oder niedrigere sei. — Diese wichtige Frage, welche E. H. Weber angeregt hat, kann einer bestimmten Erledigung am lebenden Thier entgegen gehen, wenn man im Stande ist, die Spannung des Bluts zu messen, während man die Bewegung des Brustkastens, des Herzens und der Gliedmassen zum Stillstand gebracht hat. Annähernd gelingt dieses wenn man die unteren Enden der durchschnittenen nervi vagi mittelst elektrischer Schläge erregt, während die Thiere durch Opium oder Chloroform in den Schlaf versetzt worden sind. —

Die Ausführung dieses Versuchs lässt erkennen, dass das Blut auch in der Ruhe noch einer Spannung unterworfen ist, welche aber nach den Ergebnissen der Beobachtung und der Ueberlegung keineswegs für ein und dasselbe Thier von gleichem Werthe ist (Brunner) *). — Der Grund dieser Spannung ist nemlich nur darin zu suchen, dass der Cubikinhalt des inneren Gefässraumes, vorausgesetzt, dass seine Wandungen in elastischem Gleichgewicht sind, kleiner ist als das in Wirklichkeit in ihnen enthaltene Blutvolum, so dass dieses letztere nur nach einer vorausgegangenen Ausdehnung der Gefässwand im Gefässraum

*) Ueber die mittlere Spannung im Gefässsystem. Zürich 1854.

Platz finden kann. Unter dieser Voraussetzung ist die Grösse der Spannung in den Gefässen abhängig a) von dem Verhältniss des Gefässraums und des Blutvolumens, und insbesondere muss bei ein und demselben Thier die Spannung mit seiner Blutmenge abnehmen. Die Beobachtung ergab folgende Spannungen des Bluts in der Carotis von Hunden, deren Vagi erregt wurden, während sie mit Opium narkotisirt waren:

Thier.	Spannungen des Bluts in MM., Quecks.	Bemerkungen.
1. Hund, klein . .	10,4	Unveränderte Blutmenge.
	19,0	Nach Injektion von 280 Gr. Blut.
	8,5	Nach Entziehung von 256 Gr. Blut.
2. Hund von mittlerer Grösse	15,2	Unveränderte Blutmenge.
	22,0	Nach Injektion von 487 Gr. Blut.
	12,5	Nach Entziehung von 609 Gr. Blut.

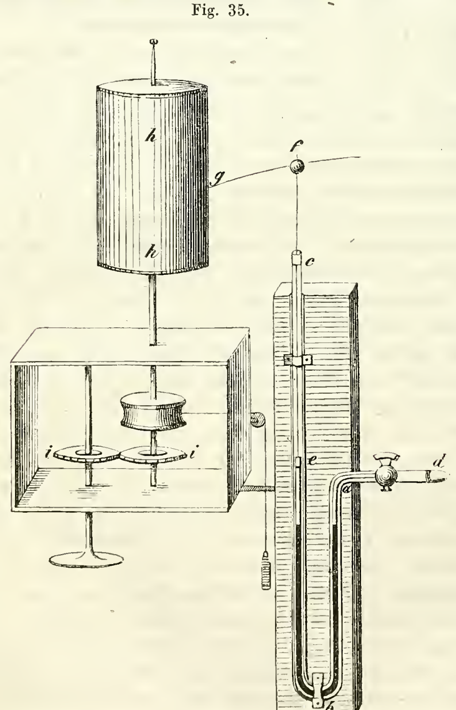
Die Blutmenge, die das Gefässsystem aber beherbergt, muss in der Zeit veränderlich sein, weil zu dem vorhandenen Blute mittelst der Ernährung stets neue Massen zugeführt und aus ihm auf dem Wege der Absonderung andere entfernt werden. Je nach dem Uebergewicht des einen oder andern Hergangs wird also auch die Blutmenge zu- oder abnehmen. — b. Die Spannung in der Ruhe ist bei gleicher Anordnung der Gefässröhren von der Ausdehnbarkeit der Röhrenwand abhängig, indem sich nach dieser die für die verlangte Ausdehnung nöthigen Drücke bestimmen. Weil nun die Gefässwandung im engern und weitern Wortsinn wegen ihres Gehaltes an Muskeln die verschiedenartigste Dehnbarkeit darbietet, je nachdem diese letzteren zusammengezogen oder erschlafft sind, und je nachdem wir den Gliedmassen diese oder jene Stellung gegeben haben, so kann die Spannung des Bluts bei unveränderter Menge derselben sich nicht unverändert erhalten. Die Aufgabe des Versuchs mit Rücksicht auf diese Fakten stellt sich also dahin, die Spannung zu bestimmen, einmal während die Gefässhöhlen durch Muskelwirkung, soweit als dieses überhaupt möglich, beengt und zugleich die Wandungen möglichst widerstandsfähig sind, und das anderemal während gerade das Gegentheil beider Umstände vorhanden ist, weil mit diesen Angaben die Grenzen der möglichen Spannung gegeben wären. Die Bedingungen für diesen Versuch sind aber nicht mit genügender Schärfe zu erhalten und zudem würde sein Ergebniss doch nur individuelle Giltigkeit haben. — Aus diesen und ähnlichen Gründen müssen wir es ableiten, wenn

bei ein und demselben Thier, während seine Blutmasse ungeändert bleibt, der Werth der Spannung wechselt, je nachdem es nur mit Opium, welches die Nerven nicht lähmt, oder mit Chloroform in den Schlaf gebracht, oder, durch letzteres Mittel getödtet, dem Versuch unterworfen würde.

Thier.	Spannung in MM. Quecks. Carotis.	Bemerkungen.
Hund	27,5	Mit Opium eingeschläfert.
	21,8	Chloroforminhalation.
	2,8	Im Augenblick des Todes.

Wir müssen wegen der Einzelheiten des Verfahrens auf die Brunner'sche Arbeit verweisen. Hier soll nur der allgemeinen Wichtigkeit wegen die Bestimmung des Blutdrucks überhaupt angegeben werden. — Hales, welcher den Blutdruck zuerst bestimmte, bediente sich des Verfahrens, welches die Hydrauliker bei Wasserströmen gewöhnlich anwenden, einer einfachen, geraden Glasröhre. Diese etwas gröbliche Methode wurde von Poiseuille zuerst dahin verbessert, dass er die in das Gefäss eingefügte Glasröhre (*a b c* Fig. 35.), deren Schenkel *a b* und *b c* gleichen Durchmesser besassen, heberförmig bog. In die Schenkel füllte er, etwa soweit der schwarzbezeichnete Inhalt des Rohres geht, Queeksilber, und auf dieses in dem kürzern, dessen Ende mit einem Messinghahn versehen ist, kohlensaures Natron. — Darauf fügt er die Dille *d*, während der Hahn geschlossen ist, in das Blutgefäss, in dem er die Spannung messen will, stellt das Rohr senkrecht

Fig. 35.



und öffnet nun den Hahn, so dass das Lumen des Gefässes und des gebogenen Rohres communiziren. In diesem Moment suchen sich auch die Spannungen der Flüssigkeiten in beiden Röhrensystemen in das Gleichgewicht zu setzen, so dass, wenn die Spannung des Blutes höher als die des Röhreninhaltes ist, Blut aus dem Gefäss in das gebogene Messrohr eindringt, und das Quecksilber aus dem kurzen in den langen Schenkel eintreibt. Man erhält dann, mit Hilfe einiger Correkturen, aus dem Niveauunterschied des Quecksilbers in beiden Schenkeln den Druck, den das Blut ausübt. Da nun aber der Blutdruck im Verlaufe der Zeit oft so beträchtliche Veränderungen erfährt, dass das Auge der auf- und absteigenden Quecksilbersäule nicht zu folgen vermag, so verband C. Ludwig mit den Messröhren ein Schreibzeug, vermöge dessen die in der Zeit veränderlichen Quecksilberdrücke sich selbst aufzeichneten. Diese Einrichtung beruht auf einem Prinzip, welches der berühmte Mechaniker Watt zuerst in Anwendung gebracht haben soll. Man setzt nämlich auf den Spiegel des im Schenkel *bc* vorhandenen Quecksilbers einen schwimmenden Stab *ef* auf, dessen freies Ende an einem Querholz einen Pinsel g trägt, der sich sanft gegen einen Cylinder *hh* anlegt; dieser wird mittelst des Uhrwerkes *ii* in gleichmässiger und bekannter Geschwindigkeit herumgedreht. Da der mit Papier überzogene Cylinder während des Umgangs fortlaufend andere Orte mit dem Pinsel in Berührung bringt, so schreibt dieser seine etwaigen auf- und absteigenden Bewegungen in Form einer Curve auf. Das Genauere dieses Verfahrens, das in seinen Einzelheiten zahlreicher Modificationen fähig ist, siehe bei Volkmann*), der einige wesentliche Verbesserungen in der ersten Angabe angebracht hat. Inwiefern der Apparat zur Messung rasch veränderlicher Spannungen dient, siehe bei den absoluten Werthen der veränderlichen Spannungen des Blutstroms. —

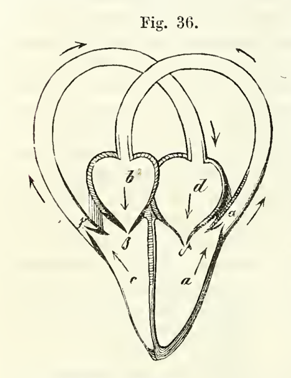
Bei der besonderen Anwendung für die Spannung der Ruhe muss man annehmen, dass das Gleichgewicht im Gefässsysteme hergestellt ist, wenn entweder der Pinsel längere Zeit hindurch eine horizontale Linie auf das Papier des Cylinders anschreibt, oder, was wegen der langsamen Ausgleichung niederer Drücke durch die Capillaren hindurch sicherer ist, wenn der Druck in einer Vene und Arterie, die beide dem Herzen möglichst nahe liegen (carotis und vena jugularis), derselbe geworden ist.

2. Von der Richtung, welche ein dauernder Strom im Gefässsystem nehmen muss. Das Gleichgewicht der Spannung, von dem soeben die Rede war, besteht im Blute des Lebenden niemals, da fortlaufend Umstände auf dasselbe einwirken, welche seine Spannung an verschiedenen Orten ungleich machen. Diese Ungleichheiten, wie und wo sie auch entstanden sein mögen, können zur Ausgleichung gelangen durch einen Strom von nur einer Richtung, eine Richtung, die demgemäss ein jeder in dem Gefässsystem erregte Strom einschlägt. Diese Erscheinung ist begründet in der Anwesenheit von Klappen, welche sämmtlich so gestellt sind, dass sie durch den Stoss nach der einen Richtung geöffnet und durch den entgegengesetzten zugeschlagen werden. Diese Richtung geht nun, wenn wir von der

*) Haemodynamik. p. 148.

linken Herzkammer *a* (Fig. 36.) beginnen, durch die grosse Blutbahn, d. h. die Capillaren und Venen des Körpers, zu dem rechten Vorhof *b* und tritt dann in die kleine Blutbahn über, indem sie in die rechte Kammer *c* und von dort durch Arterien, Capillaren, Venen der Lungen zurück in den linken Vorhof *d* kommt. — Indem man das beistehende Schema betrachtet, in welchem der Einfachheit wegen die Venenklappen weggeblieben und nur die gleichgerichten Ventile der Herzmündung $\alpha\,\beta\,\gamma\,\delta$ dargestellt sind, sieht man, dass sich diese letztern sämmtlich nach der Richtung des Pfeils öffnen. Würde also durch irgend welchen Umstand ein Strom in der entgegengesetzten Richtung eingeleitet, so würde sich dieser nur bis zur nächsten Klappe erstrecken können, da durch diese Strömung jene geschlossen würde. Der Strom würde dann von dieser Klappe reflektirt werden und in umgekehrter Richtung, durch nichts gehindert, weiter schreiten, so lange noch eine Strömungsursache vorläge.

Fig. 36.



Gewöhnliche Veranlassungen zur Störung des Gleichgewichts der Spannung. — Zu den wichtigeren zählt man die Bewegungen des Herzens, der Brust- und Bauchwandungen, zu den untergeordneteren die Bewegungen der Gliedmaassen und der Gefässwandungen, die Schwere des Bluts, den Lymphstrom aus dem ductus thoracicus und die Absonderung in den Drüsen.

3. Herzbewegung. Indem wir die Bedeutung des Herzens für den Blutstrom erläutern, gehen wir von den Voraussetzungen des lebenden Zustandes aus. Dieser verlangt aber, dass ein stetiger Strom von Seiten der Venen gegen die Vorhöfe gehe und dass die Aorta stets mit Blut gefüllt sei.

a. Vorkammern. Die Erscheinungen, welche sich während des Blutkreislaufs innerhalb der Vorhöfe ereignen, sind für beide nur bis zu einem gewissen Punkte dieselben. — Nachdem sie während ihrer Diastole durch den Venenstrom strotzend mit Blut gefüllt sind, ziehen sie sich in der früher beschriebenen Weise zusammen und treiben damit ihren Inhalt sowohl gegen die venösen

wie gegen die ventrikularen Mündungen. Dieser Stoss erzielt an beiden Orten verschiedene Effekte. — In den venösen Mündungen trifft unser neuer Strom, der vom Vorhof gegen die Venen dringt, auf den alten entgegengesetzt verlaufenden, und es wird darum jedenfalls die Flüssigkeit am äussersten Ende der Venen in eine gesteigerte Spannung gerathen. Zu gleicher Zeit wird auch ihre Strömung verändert und zwar jedenfalls in der Geschwindigkeit, vielleicht auch in der Richtung. Denn es wird, selbst wenn der Vorhofsstoss unbedeutend ist, jedenfalls die Geschwindigheit des alten Venenstroms vermindert; sind dagegen die Kräfte des Vorhofs bedeutend, so wird das Blut in die Venen zurückgeschleudert und es kehrt sich also die alte Stromrichtung um. Erfahrungsgemäss dürfte häufiger das letztere als das erstere eintreten, und es würde sich für gewöhnlich der Rückstrom des Bluts bedeutend geltend machen, wenn sein Querschnitt an der Venen-Vorhofsgrenze nicht beschränkt würde. Dieses besorgen aber die muskulösen Ringe der Venen, welche, indem sie sich mit den Vorhofsmuskeln gleichzeitig zusammenziehen, die Mündungen jener verengen. Die Wirkung dieser Verengerung, also die Hemmung des Rückstroms, wird an dem rechten Herzen durch die Klappen unterstützt, welche entweder, wie in der vena cava superior, etwas entfernt vom Herzen in dem Venenlumen liegen, oder, wie an der vena cava inferior und coronaria cordis, unmittelbar im Herzen sitzen. Diese letzteren beiden Klappen sind namentlich darauf berechnet, die Mündungen der erwähnten Venen zu schliessen, wenn dieselben schon um einen gewissen Antheil ihrer Weite verengt sind, und ausserdem sind sie mit kleinen Haftfäden versehen (gewöhnlich beschreibt man sie als durchlöchert), welche es verhüten, dass der Vorhofstoss die Falten in die Venenöffnung hereintreibt. — Wir schreiten zur Betrachtung der Vorgänge, welche die Vorhofszusammenziehung gegen die Ventrikularmündungen veranlasst. Die Kammern sind, wenn die Zusammenziehung des Vorhofs beginnt, ebenfalls schon mit Blut angefüllt, und zwar muss das Blut aus naheliegenden Gründen in den Vorhöfen und Herzkammern dieselbe oder wenigstens annähernd dieselbe Spannung besitzen. Wenn nun plötzlich das Blut in den Vorhöfen eine höhere Pressung erleidet, so wird ein Strom von diesem gegen die Herzkammer geschehen, der eine merkliche Dauer haben wird, weil die Kammerwandungen ausdehnbar sind. Er kann also so lange an halten, bis die elastische Spannung, welche diese Wandungen

vermöge ihrer Ausdehnung annahmen, gleich dem Druck ist, den die Muskeln des Vorhofs dem Blute mittheilen. Da aber die Ausdehnbarkeit mit der Dicke der Wandung abnimmt und umgekehrt mit dem Querschnitt des Muskels die von seiner Zusammenziehung ausgehende mechanische Leistung wächst, so ist es von Bedeutung, dass der linke Vorhof, der den dickwandigern linken Ventrikel auszudehnen hat, auch stärkere Muskelmassen besitzt, als der rechte Vorhof, der auf die dünnwandige rechte Kammer wirkt. — Die Zusammenziehung der Vorhöfe wird nun, entsprechend allen uns bekannten Muskelwirkungen, nicht während der ganzen Dauer ihres Bestehens mit einer gleichen Kraft geschehen; sie wird im Gegentheil allmählig gegen ein Maximum anwachsen und ebenso allmählig von diesem Maximum absinken; demgemäss wird sie ihrem Inhalt eine allmählig steigende und dann auch wieder abnehmende Spannung mittheilen, und somit wird zuerst das Blut in den Ventrikel einströmen, dann wird, wenn die Vorhofskontraktion nachlässt, die elastische Spannung des Ventrikels das Blut wieder gegen den Vorhof zurücktreiben, wobei sich aber die Zipfelklappen der Ventrikelmündungen schliessen werden (A. Baumgarten)*). Hierbei wird also ein geringer Theil des Blutes, der aus dem Vorhofe in die Herzkammer getrieben wurde, wieder in sie zurückgehen. Die Bedeutung, welche den Vorhöfen gegenüber den Herzkammern zukommt, wird also eine zweifache sein. Sie machen nemlich einmal den Füllungsgrad dieser letztern unabhängig von der bald grössern oder geringern Geschwindigkeit und Spannung, welche dem Strom zukommt, der von den Venen in das Herz hinein geschieht, so dass von diesem Gesichtspunkte aus mit E. H. Weber die Vorhöfe als Regulatoren der Kammerfüllung angesehen werden dürfen. Zum andern aber besorgen sie den Klappenschluss an der Venenseite der Ventrikel, so dass sogleich mit dem Beginn der Ventrikularzusammenziehung sein Inhalt auch eine Pressung von Seiten dieser Mündung erfahren kann.

Wenn nun die Zusammenziehung der Vorhöfe ganz nachlässt, so wird sich wegen der Entleerung eines Theils von ihrem Inhalt auch ihre elastische Spannung erniedrigt haben, so dass dann die in den Venen gespannte Flüssigkeit mit Leichtigkeit in den Vorhof einströmt. Diese plötzliche Entleerung wird aber eine Beu-

*) Commentatio de mechanismo, quo valvulae venosae etc. Marburgi 1843.

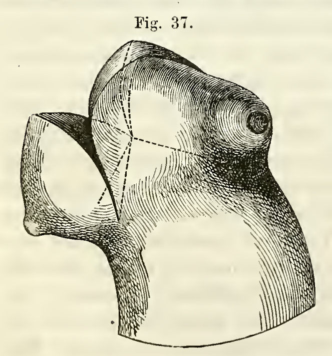
gungswelle in den Venen erzeugen, die sich von dem Herzen gegen die Peripherie fortpflanzt. Diese Beugungswelle soll später behandelt werden.

b. Herzkammern. Die Betrachtung der Ventrikel beginnen wir mit der Zeit, in welcher ihre Höhle noch auf dem Maas der Ausdehnung beharrt, die sie durch die eben beendigte Zusammenziehung der Vorhöfe erhalten; dann decken auch gerade die venösen Klappen ihre zugehörigen Mündungen der Art, dass die winkelförmig gebogenen Sehnen, welche aus den Papillarmuskeln in die Klappensegel treten, ausgespannt sind. In diesem Augenblick sind während des Lebens auch die halbmondförmigen Klappen geschlossen, da von der Arterienseite her noch ein stärkerer Druck auf ihnen lastet, als von der Herzseite. So wie dieser Zustand eingetreten ist, beginnt aber sogleich auch die Zusammenziehung der Kammermuskeln, welche dem Inhalt von überall her, mit Ausnahme der arteriellen Mündung, einen erhöhten Druck mittheilt. Diese Pressung schleudert den Inhalt in die Arterie nach Oeffnung der halbmondförmigen Klappen und drückt sie zugleich gegen die Wand der Sinus Valsalvae, wodurch in der Regel die Mündungen der aus den Sinus entspringenden Art. coronariae geschlossen werden. Dieser letztere Umstand gewährt den mechanischen Vortheil, dass die Muskelfasern während ihrer Bewegung gegen die Höhle hin nicht zugleich durch die vom Blutdruck ausgespannten Herzcapillaren nach entgegengesetzter Richtung hin gezerrt werden. — Ob sich bei seiner Systole der Ventrikel ganz entleert, wird abhängig sein einerseits von dem Umfang oder der Kraft seiner Zusammenziehung und andrerseits von dem Widerstand, den das Blut in der Arterienmündung findet. Wenn dann die Zusammenziehung nachlässt, so werden, weil in den Arterien jetzt die Spannung des Bluts grösser, als in den Ventrikelhöhlen ist, die Semilunarklappen sich vor die ostia arteriosa der Vorkammer legen, so dass aus den Arterien kein Rückfluss in den Ventrikel geschieht. Hiermit werden aber die Mündungen der Coronararterien sich öffnen, und sich nun ein Strom durch sie bis in die Capillaren ergiessen. Von Seiten der Vorhöfe wird dagegen mit dem Eintritt der Erschlaffung des Ventrikels ein Strom in dieselben gelangen; denn einmal haben sich die Zipfelklappen, nachdem das ausspannende, von den Ventrikeln gegen die Vorhöfe drängende Blut entfernt ist, geöffnet, und dann hat sich das Blut in den Vorhöfen während der Ventrikularkontraktion angesammelt, so dass jene nun im

Maximum ihrer Füllung sich befinden. Die ausgedehnten Vorhöfe treiben somit das Blut in den schlaffen, widerstandslosen Ventrikel, dessen Erweiterung noch begünstigt wird durch die gerade jetzt stattfindende Ausdehnung der Blutcapillaren (Marshall Hall, Brücke)*).

Die Annahme, dass sich die Klappen während der Kammersystole in den Sinus Valsalvae bis zum Verschluss der Kranzarterie einlegen, hat man aus mehrern Gründen bestritten. Zuerst sollte der Ursprung der art. coronariae aus dem Sinus nicht tief genug erfolgen, um noch von den Klappen gedeckt werden zu können. Nun ergiebt sich aber, dass nur bei vier bis fünf pC. aller bisher untersuchten Aorten jene Gefässe über den Sinus Valsalvae entspringen, eine Beobachtung, die gerade zeigt, dass in der überwiegenden Mehrzahl der Fälle, die Klappe hoch genug hinaufreicht. — Aber selbst, wenn die Arterie den gewöhnlichen tiefen Ursprung nehmen, kann die Klappe am todtenstarren Herzen nicht bis über die Mündung der Kranzarterie hinaufgezogen werden; hierauf dient zur Antwort, dass dieses nur bei den Klappen nicht gelingt, wo der Grund ganz oder halb an das Herzfleisch angewachsen ist, während mit den freien dieses leicht auszuführen ist. Solcher angewachsener Klappen haben nur einzelne Säugethiere, wie z. B. das Schwein nur eine, andere wie der Hund zwei. Hier ist nun leicht einzusehen, dass das weiche lebende Fleisch der Klappen eine Beweglichkeit erlaubt, die das todtenstarre unmöglich macht, so dass, eine Nachgiebigkeit des Fleischgrundes vorausgesetzt, auch hier die Deckung möglich wird. — Auch sollte die Klappenfläche nicht genügen, um sich dem durch den systolischen Blutdruck ausgedehnten Sinus überall anzupassen, und namentlich sollte der freie Klappenrand nach Art einer Chorda durch den ausgedehnten Sinus hergezogen sein (Hyrtl, Rüdinger). Die Entscheidung hierfür kann nur durch eine Messung des Längenverhältnisses zwischen den freien Rändern und dem Sinusumfange gegeben werden während einer Stellung, wie sie durch eine hohe Spannung verlangt wird. Zu dem Zwecke füllte Brücke in menschliche Aorten flüssigen Gyps unter Drücken von 0,18 bis 3,17 M. und zwar so, dass sich die Taschen entfalten mussten. Nachdem der Gyps erhärtet war, lösste er die Arterienhaut vorsichtig ab, und schnitt am Bulbus der Aorta eine dreiseitige Pyramide an, deren Kanten gebildet wurden durch die Berührungslinie je zweier Klappen, deren Flächen bestimmt waren durch die Ebenen, in welcher die freien Ränder je einer Klappe lagen, und deren Spitze endlich am Vereinigungspunkt der drei Klappen lag; die Fig. 37 giebt eine Anleitung zur Führung der Schnitte. —

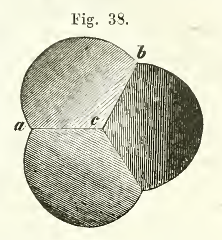
Fig. 37.



*) E. Brücke; Verschluss der Kranzschlagadern durch d. Aortenklappen. Wien 1855; J. Hyrtl üb. d. Selbststeuerung d. Herzens. Wien 1855. — Wittich; Posners Allg. med. Centralztg. 1857. 5. Stck.

In Fig. 38 (welche die Pyramide von der Spitze gesehen darstellt) muss also a c + c b grösser oder so gross wie a b sein, wenn der freie Klappenrand die Sinusbucht ausfüllen soll. Diese Länge wird jener Rand aber nur dann erreichen, wenn die Spitze c über der Ebene des Sinusringes a b hervorsteht, und zwar natürlich um so eher, je weiter sie hinausfällt; in dem Maasse, in dem dieses geschieht, wird aber auch der Winkel a c b kleiner werden. Nachdem Brücke durch Rechnung gefunden, dass der Winkel a c b nicht über 111—112^0 steigen dürfe, wenn a c + c b gleich lang mit a b bleiben soll, fand er, dass in der unter so verschiedenem Druck gefüllten Aorta der Winkel sich zwischen 92—100^0 bewegte und diesen Werth niemals überschritt. Hierbei stellte sich auch noch heraus, dass der Winkel keineswegs in den bezeichneten Grenzen mit dem Füllungsdruck wuchs, sondern dass er öfter kleiner war bei geringerem als bei grösserem Druck. Somit genügt auch die Ausdehnung der Klappen von rechts nach links, um den Sinus auszukleiden. —

Fig. 38.



Diese aus dem Bau hergenommenen Beweise für die Möglichkeit des Klappenschlusses hat Wittich durch einen einfachen Versuch vervollständigt, in welchem der Strom des Blutes aus der Kammer in die Aorta möglichst nachgeahmt wird. Ich nehme mir die Erlaubniss, den Versuch so zu beschreiben, wie ich ihn wiederholt in Vorlesungen und Cursen mit günstigem Erfolg ausgeführt habe.

An einem (absichtlich zu gross gezeichneten) Schweineherzen in Fig. 39 bindet man die art. coron. dextra zu und setzt ein Röhrchen (b) in die linke ein, vor welcher eine freie Klappe steht. Hierauf fügt man an das Ende des Bogens der Aorta *) ein Gummirohr (c) etwa von der Weite der Aorta und in den linken Vorhof endlich setzt man ein Rohr (d), das durch einen Hahn verschliessbar ist. Derselbe hat eine anderthalbfache Bohrung, vermöge welcher bald ein Strom nach der Längenrichtung des Rohres und bald ein solcher senkrecht auf dieselbe durch die freien Mündungen e e in der Seitenwand des Rohres gehen kann. Es soll hier gleich bemerkt werden, dass diese letztere Einrichtung dazu dient, bald um das Herz durch den Strom aus einem Wasserbehälter zu füllen, bald um den vom Wasserbehälter abgeschlossenen Vorhof wieder theilweise zu entleeren, weil dieses wegen des Schlusses der Semilunarklappen in die Aorta nicht möglich ist. Dieses so vorgerichtete Herz stellt man dann nach Anleitung der Fig. 39 auf; in dieser bedeutet f ein kleines Holzgefäss zur Aufnahme des Ventrikels, g einen Halter zur Fixirung des Aortenstumpfs, h h ein (mit Einschluss des Hahnrohres) 1,9 M. langes Zuflussrohr, das aus einem obern Behälter gespeisst werden kann, und i einen Wasserzuber, der um einen halben Meter über dem Aortenanfang erhaben ist und auf dessen Boden sich eine Schicht Wasser befindet, unter welches das Rohr c mündet. Oeffnet man nun, nachdem alles mit Wasser gefüllt ist, den Hahn d, so dass der volle Strom das Herz durchsetzt und rasch aus dem Kautchoukrohr in den Wasserzuber fliesst, so tritt nichts aus dem Röhrchen b, welches aus der Kranzarterie hervorgeht, während, wenn man den Hahn schliesst, plötzlich ein Strahl aus der Coronaria hervorgeht, der durch den Druck des erhobenen Kautchoukrohres eingeleitet wird, ein Druck, unter dem sich auch die Aortenklappen entfalten. Dieser

*) Wird die Aorta nicht am Bogen sondern kürzer abgeschnitten, so gelingt der Versuch meist nicht.

sehr schlagende Versuch gelingt jedoch nicht immer und zwar versagt er, was besonders zu erwähnen, zuweilen an einem Herzen, an dem er so eben noch gelungen war, und an dem er sich dann auch später wieder erfolgreich herstellen lässt. Es scheint, als ob kleine Veränderungen in der Klappenstellung durch Zerren, Zusammenschieben u. s. w. die Schuld an dem Misslingen tragen. Dieser Versuch beseitigt auch die wiederholt ausgesprochene Befürchtung, als ob die an den Sinusrand angelegte Klappe durch den Rückstoss des Bluts aus der Aorta nicht wieder hervorgeholt werden könnte.

Fig. 39.

Eine Hindeutung darauf, dass sich auch während des Lebens die Klappen an die obern Begrenzungen der Sinus anlegen, findet Brücke endlich in den Klappenspuren, kleinen linearen Eindrücken an der innern Fläche jener Sinus, in welche die Klappenränder mit ihren kleinen Vertiefungen und Erhabenheiten oft auf das genaueste hineinpassen, die also vermuthlich durch das Anschlagen der Klappen an die Sinuswand entstanden sind.

Das einzige Unbestimmte, was dem beschriebenen Vorgang noch anklebt, bezieht sich auf die Zeit, in welcher das Anlegen der Klappen an die Sinus vollendet ist und die Vorgänge, welche in dieser Schliessungszeit eintreten. Denn wenn diese Zeit eine merkliche ist, so bleibt in dieser dem Blut, welches zwischen Klappe und Sinus steht, ausser dem Weg in die Aorta, auch noch ein andrer in die a. coronaria übrig. Ganz in Uebereinstimmung mit dieser Unterstellung sieht man zuweilen bei dem Versuch mit dem todten Herzen, dass in dem Moment des beginnenden Stroms durch die Aorta nicht auch sogleich der Strahl aus der art. coronaria, sondern merklich später unterbrochen wird. In andern Fällen hört dagegen momentan mit der Drehung des Hahnes *d* der Strahl aus der coronaria auf, woraus hervorgeht, dass die zum Anlegen nöthige Zeit sich merklich verschieden stellen muss.

Nach allen diesen Beweisen und Einsichten halte ich die Bestätigung oder Widerlegung der Annahme von Marshall und Brücke durch die Vivisektion nicht allein für unnöthig, sondern sogar für unthunlich, da schon die geringsten Verzerrungen und Verschiebungen des blosgelegten Herzens den Erfolg gefährden können.

Die Annahme, dass sich die Höhle der Herzventrikel, bevor diese in die Todtenstarre übergegangen sind, beim Eintritt der Diastole auch ohne Beihilfe des einströmenden Bluts, etwa in Folge der Elastizität ihrer Wandungen, erweitern kann, ist am bündigsten durch L. Fick*) widerlegt. Im wahren Wortsinn genommen, giebt es also keine Aspiration der Vorhöfe. Die Erscheinung, welche zu ihrer Annahme führt, und die neuerdings genauer von Weyrich und Bidder untersucht wurde, wird insofern dieses nicht schon bei der Betrachtung des Stroms durch die a. coronaria geschehen, noch Berücksichtigung finden. — Das tuberculum Loweri, ein Muskelhöcker, der an der Scheidewandsfläche zwischen vena cava superior und inferior liegt, soll durch Ablenkung des ursprünglich senkrechten Stroms beider Venen aufeinander bedeutsam sein; er soll verhüten, dass wenn, wie wahrscheinlich, eine Ungleichheit in der Geschwindigkeit und Spannung des Bluts in den beiden Strömen besteht, die Resultante ihrer Geschwindigkeiten nicht in eins der beiden Venenlumina, sondern gegen den Vorhof gerichtet ist. Diese Annahme steht auf zweifelhafter Basis. —

e. Folgen der Herzbewegung in den Gefässröhren. Die Blutmengen, welche der Ventrikel in die grossen Arterien wirft, werden dort einen Strom erzeugen, der die in Fig. 36 gegebene Richtung einhält. Da sich die beiden Herzkammern immer gleichzeitig zusammenziehen, so erscheint die stromerzeugende Ursache innerhalb des Gefässsystems immer zugleich an zwei Orten, nemlich dem Anfang der grossen und kleinen Blutbahn. Bei einer solchen Anordnung stellt sich, abgesehen von allen übrigen Eigenschaften, die Forderung, dass aus jeder Herzhälfte immer gleichviel Blut ausströmen müsse, weil der eine Ventrikel dem andern die Flüssigkeit zusendet, so dass, wenn dem nicht Genüge geleistet würde, sehr bald die eine Abtheilung ihren Gesammtinhalt in die andere entleert haben würde.

Der Strom, welcher vom Herzen aus erregt wird, pflanzt sich in der entsprechenden Gefässabtheilung bis zum Herzen zurück durch Wellenbewegungen, Spannungsunterschiede und das Beharrungsvermögen fort. Obwohl diese Vorgänge namentlich in den Arterien, durcheinander greifen, so müssen sie doch gesondert behandelt werden. Zunächst wenden wir uns zu den Wellen.

Da an der Grenze des Herzens und der grossen Gefässe die Bedingungen für die Wellenbewegungen vorhanden sind, welche die theoretische Auseinandersetzung (p. 67.) für ihre Entstehung

*) L. Fick, Müllers Archiv. 1849. p. 283.

verlangte, so müssen sie auch entstehen. Und zwar bildet sich eine Bergwelle in den Arterien gegen die Capillaren, hinter der im Arteriensystem keine Thalwelle herschreitet; in den Venen dagegen bildet sich eine Thalwelle, die wiederum, ohne dass eine Spannungswelle auf sie folgte, gegen die Capillaren hinschreitet. Der Grund, aus dem die Thalwelle nach der Arterienseite hin ausbleibt, liegt darin, dass die Semilunarklappe die Höhlung der Arterien und des Herzens abschliesst, sodass keine Entleerung der Arterien gegen das Herz hin stattfinden kann; nach der Venenseite kann aber vom Herzen aus keine Bergwelle erregt werden, weil das in die Ventrikel eingestürzte Blut wegen des Schlusses der Zipfelklappen nicht wieder direkt in die Vene zurückgeschleudert werden kann. Das Hervorstechende für die Bewegung der Flüssigkeit in einer solchen Welle bestand darin, dass jedes in dem elastischen Rohr enthaltene Theilchen in der Richtung der Längenachse des Rohrs eine Geschwindigkeit erhielt, die von einem Minimum zu einem Maximum anwuchs und dann wieder absank. Diese verschiedenen Stadien der Geschwindigkeit erlangten nun aber die Theilchen nicht sämmtlich gleichzeitig, sondern successive, sodass, wenn z. B. die dem Herzen zunächst gelegenen Flüssigkeitsabschnitte eine erhöhte Geschwindigkeit empfangen haben, diese den entfernteren noch nicht zukommt, und umgekehrt, dass, wenn die vom Herzen entfernteren noch mit irgend welcher geringern oder grössern Geschwindigkeit begabt sind, die dem Herzen näher liegenden schon zur Ruhe gekommen waren. Durch eine solche Welle rücken nun alle Theilchen um eine gewisse Wegstrecke in dem Lumen der Gefässe weiter, und zwar gelangen sie durch die Bergwelle in den Arterien von dem Herzen gegen die Capillaren, durch die Thalwelle in den Venen von den Capillaren gegen das Herz hin. Obwohl demnach beide Wellen eine Bewegung der Flüssigkeit in gleichem Sinne erzeugen, reichen sie doch erfahrungsgemäss nicht zur Erhaltung des Stromes in den Gefässröhren hin, da sie auf ihrem Wege durch dieselben vernichtet werden. Der Grund dieser Vernichtung liegt in dem Kraftverlust, der durch den kraftübertragenden Stoss und die Reibung an den Wandungen bedingt wird. Da in unserem Röhrenwerke aber die Biegungen, Theilungen und der Umfang der Wandflächen selbst gegen die Capillaren hin in ausserordentlicher Zunahme begriffen sind, so müssen auch die in der Welle vorhandenen Bewegungen der Flüssigkeit in den unmittelbar an die Capillaren

grenzenden Arterienstücken auf gleich langen Stücken viel beträchtlicher abnehmen, als in den grössern Gefässen. Und weil die Kräfte, welche die Welle in der Arterie erzeugen, sehr viel bedeutender sind, als die, welche das Zusammenfallen der Venenanfänge erzeugt, so wird die arterielle Welle kräftiger sein, als die venöse, und diese somit auch eher (d. h. entfernter von den Capillaren) schwinden, als die erstere. —

Wenn die Wellenbewegung, welche den Theilchen des Inhalts in den grossen Arterien eigen war, gegen die Capillaren hin erlischt, so müsste offenbar, wenn die Blutbewegung allein abhängig wäre von der Wellenbewegung, der Herzinhalt nur bis zu den Capillaren, aber nicht durch sie hindurchdringen; und aus demselben Grunde könnte die Beugungswelle das Blut, welches sie schliesslich in das Herz wirft, nicht aus den Capillaren beziehen. Beides trifft nun aber nicht ein, indem thatsächlich in den Capillaren ein ruhiger und gleichmässiger (nur unter ganz besondern Umständen ungleichförmig beschleunigter) Strom von den Arterien zu den Venen dringt. Die erste Veranlassung dieses Stroms liegt in den Spannungsunterschieden, welche den Flüssigkeitstheilchen auf den verschiedenen Abschnitten der Bahn vom Herzen aus bis zurück zu ihm zukommen. Dieselben entstehen aber folgendermaassen: Durch die Herzmündung dringt mit jeder Zusammenziehung der Kammermuskeln in einem kurzen Zeitraum, also mit grosser Geschwindigkeit, der Herzinhalt ein, und da dieser auf seinem Wege bis zu den Capillaren, seine Geschwindigkeit einbüsst, so muss er sich in dem arteriellen System anhäufen. Dieses kann nun aber nur durch eine Ausdehnung des Hohlraums der Arterien, also durch eine Ausspannung ihrer Wandungen geschehen, welche letztere aber relativ eine sehr beträchtliche sein muss, da der Inhalt der Arterien im Verhältniss zu dem der Ventrikel nicht gerade bedeutend ist; bedenkt man noch, dass der bedeutendste Theil der arteriellen Gefässwandung wegen ihrer Dicke weniger ausdehnbar ist, so ist ersichtlich, dass Kräfte von einem nicht unbedeutenden Werthe dazu gehören, um die arterielle Gefässhöhle bis zu dem Umfang zu erweitern, dass sie zu ihrem normalen Inhalt auch noch den des Herzens aufnehmen kann. Mit andern Worten, es werden die ausgedehnten Membranen, weil sie nach der Ausdehnung wieder ihren ursprünglichen Flächenraum einzunehmen streben, einen Druck auf ihren Inhalt ausüben, der den Druck im ruhenden Blut beträchtlich übersteigt. — Im umgekehrten Verhält-

nisse finden sich nun gerade die Venen. Durch die Blutmenge, welche nach der Herzkontraktion aus ihnen strömt, wird ihre ursprüngliche Spannung vermindert, eine Verminderung, die nach einer einmaligen Zusammenziehung allerdings nicht sehr auffällig sein kann, da der Inhalt des Herzens im Vergleich zu dem der Venen sehr unbeträchtlich ist.

Nun kann aber in der sonst gleichbeschaffenen Flüssigkeit innerhalb eines zusammenhängenden Röhrenwerks kein ungleicher Druck bestehen, ohne das Bestreben einer Ausgleichung zu wekken, d. h. ohne dass die gespanntere Flüssigkeit gegen die minder gespannte hinsrömte, und somit muss von den Arterien durch die Capillaren hindurch eine Strömung eintreten, welche auch dann noch fortdauert, wenn schon die Herzkontraktion beendet ist.

Der einmal eingeleitete Strom verfolgt aber seine ursprüngliche Richtung der Trägheit wegen weiter, selbst wenn die Drücke in den Stromrichtungen zunehmen, statt abzunehmen, wie dieses in der allgemeinen Einleitung gezeigt wurde (p. 60). — Dieser Umstand muss sich also auch im Kreislauf geltend machen, wie wir noch sehen werden. — Da nun aber die vorhandene Geschwindigkeit im Blutstrom immer vorher als Spannungsunterschied bestand, so können wir diese im Allgemeinen auch als die wesentliche Bedingung des Stroms ansehen.

d. Spannungen des strömenden Blutes. Was von ihnen bekannt ist, bezieht sich immer nur auf die Wandspannung, da man bis dahin noch nicht daran denken konnte, die mit dem Querschnittsort veränderliche Spannung zu bestimmen. Obwohl diese Lücke vom theoretischen Gesichtspunkte aus zu beklagen ist, so ist sie doch für den praktischen Physiologen weniger fühlbar. Die wichtigsten Folgen des Drucks, die Berührungsfläche des Bluts mit den Geweben (Ausdehnung der Gefässwände und ihrer Poren), und der Einfluss der Spannung auf die Bewegungen der Flüssigkeit innerhalb der Poren sind von dem Wanddruck abhängig.

Die Spannung, die in einem jeglichen Gefässabschnitt herrscht, ist unzweifelhaft abhängig von der Ausdehnbarkeit seiner Wandung und der Ausdehnung, die seine Wandung wirklich erfahren, mit andern Worten: bei gegebenem Elastizitätscoëffizienten von dem Flüssigkeitsvolum, das er mehr enthält, als er im Ruhezustand fassen kann. Die Ausdehnbarkeit wechselt an demselben Gefässquerschnitt mit dem Zustand (der Erschlaffung oder

Zusammenziehung) der Wandmuskeln und noch mehr in dem Verlauf des Systems von einem Ort zum andern. Das Volum des Flüssigkeitszuwachses ist abhängig von dem Verhältniss zwischen Zufluss und Abfluss. — Der Zufluss ist bedingt durch die Zahl und den Umfang der Herzzusammenziehungen, der Abfluss durch die Widerstände in dem betreffenden Abschnitt und an den Grenzen desselben, das will sagen: durch die Spannungsunterschiede, welche bestehen an der Einfluss- und Ausflussmündung des betrachteten Abschnitts und das Verhältniss der Ein- und Ausflussöffnung.

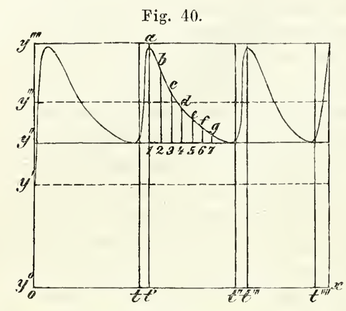
Aus allem diesen, in Combination mit dem, was schon über den Bau des Gefässsystems, die Herzschläge und deren Variation beigebracht ist, ergiebt sich, dass die Mannigfaltigkeit der Spannungen, welche in dem Gefässsystem eines Menschen entweder gleichzeitig an verschiedenen Orten, oder an demselben Orte zu verschiedenen Zeiten erzeugbar sind, unendlich sein kann; zugleich ist ersichtlich, dass eine theoretische Voraussicht der einzelnen Fälle unmöglich ist.

Sehr zahlreiche Erfahrungen, die über die durch den Herzschlag veränderten Spannungserscheinungen vorliegen, erlauben aber dennoch einige allgemeine Bemerkungen von praktischer Wichtigkeit; wir werden bei ihrer Aufzählung den Weg einschlagen, dass wir an verschiedenen Orten der Reihe nach die mit den Herzzuständen wechselnden Spannungen in das Auge fassen. — Die Thatsachen werden in der anschaulichen Form, in der sie gewonnen sind, der Betrachtung zu Grunde gelegt, nemlich als Curven, wie sie der in Fig. 35. dargestellte Spannungszeichner lieferte. Die Achse der X von dem Coordinatensystem, in dass sie eingetragen sind, giebt die Zeit, die der Y dagegen die Spannungen an, gemessen durch die in Millimetern ausgedrückte Höhe einer Quecksilbersäule.

A. Anfang des arteriellen Systems; insbesondere a. carotis oder a. cruralis. Zuerst werden wir den Fall behandeln, in welchem sehr kräftige Herzschläge in langen Pausen einander folgen, wie man sie erhält, wenn man die nervi vagi in eine gelinde Erregung versetzt; und zwar darum, weil die Folgen der Herzwirkung an ihnen am deutlichsten hervortreten. Mässigt man, nachdem die n. vagi so anhaltend und kräftig erregt sind, dass das Herz längere Zeit vollkommen stillstand und das Quecksilber des Manometers endlich auf einer Höhe, die sich für längere Zeit constant erhielt, anlangte, die Schläge des Induktionsappa-

rates, so schreibt der Druckzeichner die Curven von beistehender Form. Mit dem Eintritt des ersten Herzschlags erhebt sich der Druck, von dem der Ruhe (Fig. 40.) y', und zwar zuerst sehr rasch, dann aber allmähliger, bis er auf das Maximum seines Werthes angelangt ist; von hier fällt er dann, und zwar zuerst rasch, dann aber immer langsamer, je näher er der Höhe kommt, von welcher der Druck bei Beginn des Herzschlags ausging, wie dieses an den Unterschieden der Ordinaten *a b c d e f g* in den gleichen Zeitabständen 1 2 3 4 5 6 7 zu sehen ist. Folgen nun die Herzschläge in nicht gar zu langen Pausen aufeinander, so werden, bevor die Einwirkungen des ersten von ihnen verschwunden sind, die des zweiten eintreten und das Ansteigen, das der zweite veranlasst, somit von einem höhern Druck beginnen. Bleibt sich nun der Umfang und der zeitliche Abstand dieser und der folgenden Zusammenziehungen gleich, so wird dieses auch mit den im zeitlichen Verlauf erscheinenden Drücken der Fall sein. Genauer ausgedrückt wird also die constante Gefässspannung von y^0 bis y''' vorhanden sein, so dass sie unter diesen Werth zu keiner Zeit herabsinkt; ausserdem aber wird in constanten Grenzen von y'' bis y'''' ein variabler Ueberdruck vorhanden sein, dessen Maximum und Minimum für jeden Pulsschlag dasselbe bleibt, und endlich wird die mittlere Spannung*) y'' y''', die sich aus den Spannungsschwankungen von einem zum andern Herzschlag berechnen lässt, für alle Herzschläge $o\ t$, $t\ t''$ u. s. w. gleich sein.

Fig. 40.

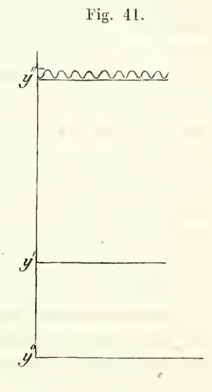


Wenn sich nun die Herzschläge statt des bisher innegehaltenen Rhythmus sehr beträchtlich beschleunigen (was jedesmal eintritt, wenn man nach den vorigen Versuchen die Erregung des

*) Mittlere Spannung bedeutet also hier die Spannung, welche man erhalten würde, wenn man die in den einzelnen Zeittheilchen bestehende Spannung addirte und durch die Summe der Zeittheilchen dividirte. —

n. vagus beendet), so erscheint die Curve, welche Fig. 41. wiedergiebt. Bei einer Vergleichung derselben mit der vorhergehenden ist sogleich einleuchtend, dass der constante Druck $y^0\ y''$ ganz ausserordentlich gewachsen ist im Vergleich zum variablen; die Folge davon ist u. A. auch die, dass die Werthe des Mitteldrucks und des constanten Drucks sich sehr nahe kommen, indem die Grenzen des schwankenden Ueberdrucks überhaupt sehr nahe bei einander liegen. — Was die Form der Curvenstücke, die während je eines Herzschlags erzeugt werden, anlangt, so bemerkt man, dass sie sich sehr derjenigen des Gipfels in Fig. 40. annähert; denn der kurze aufsteigende Theil wird sogleich stark convex nach oben und der absteigende besitzt nur den steil abfallenden Abschnitt.

Fig. 41.



Die zwischen diesen beiden Extremen liegenden Pulszahlen erzeugen Curven, welche sich mehr und mehr von der letztern zur erstern Form annähern, so dass man, wenn die Zahl der Pulsschläge gegeben, ungefähr die Reihenfolge der in der Zeit wechselnden Spannungen angeben kann.

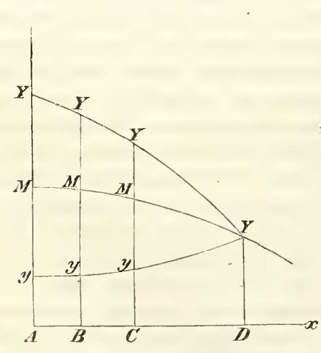
Wir haben demnach die allgemeine Form der zeitlichen Spannungscurve abhängig gefunden von der Zahl der Herzzusammenziehungen. Anders verhält es sich mit den absoluten Werthen der Spannungen und namentlich derjenigen, welche wir mit dem Namen der mittleren belegt haben; sie wechseln an demselben Thier trotz einer gleichen Zahl von Herzschlägen. Mit Sicherheit lässt sich angeben, dass der Werth der mittlern Spannung, alles übrige gleichgesetzt, steige, wenn sich die Anfüllung des Gefässsystems mit Flüssigkeit überhaupt mehrt; wenn die Widerstände zwischen der beobachteten Stelle und den Capillaren zunehmen; wenn der Umfang oder die Intensität der Herzzusammenziehungen sich steigern. Den Nachweis für diese Behauptungen kann man sehr leicht führen, weil man mittelst einer vorsichtig geleiteten Erregung der n. vagi die Zahl der Schläge annähernd auf einer bestimmten Zahl festhalten, zugleich aber durch Ablassen oder Einfüllen des Bluts aus den Gefässen, durch Unterbindung einiger

Arterienstämme u. s. w. die Normalspannung und den Widerstand in einem Thier verändern kann. Weil nun aber trotz gleichbleibendem Widerstande und unverändertem Normaldruck und gleicher Zahl der Herzschläge die mittlere Spannung steigt, so schliessen wir daraus, dass auch der Umfang der Zusammenziehung des Herzens wechselvoll sein möge.

Wenn ein Mitteldruck von bestimmtem Werth, welcher während einer gewissen Zeit hindurch unverändert bestand, übergeht in einen solchen von anderm Werth, so muss nothwendig während dieser Uebergangszeit der Mitteldruck von einem Herzschlag zum andern in einer Schwankung begriffen sein; dieser Uebergang, so mannigfaltig er auch sein kann, führt aber doch jedesmal zu einem neuen Zustand dynamischen Gleichgewichts, bei dem nemlich der Mitteldruck für die Zeit eines jeden Herzschlags gleich ist; demnach darf man behaupten, es bestehe für eine jede Combination von Herzzusammenziehungen, Widerständen und Gefässfüllungen ein Zustand, in dem die Menge der in der Zeiteinheit zu den Arterien strömenden Masse das Gleichgewicht hält der ausströmenden, so dass mit der Geschwindigkeit des Zuflusses auch die des Abflusses steigt.

B. Ende des arteriellen Systems. Wie sich in den feinen Arterien während der einzelnen Phasen des Herzschlags die Spannungscurve gestaltet, hat noch nicht untersucht werden können. — Mit Sicherheit ist dagegen ermittelt, dass die der Systole und Diastole des Herzens entsprechenden Maxima und Minima der Spannungswerthe sich einander immer mehr nähern, je enger die Arterien sind, in welche der Strom eindringt, bis endlich in den Capillarnetzen die Unterschiede ganz schwinden, so dass an diesem Ort während der ganzen Herzschlagsdauer die Spannung unverändert dieselbe bleibt. Um eine Vorstellung von dieser Thatsache zu erhalten, hat Volkmann die nebenstehende Curve (Fig. 42.)

Fig. 42.



entworfen. Es ist dieselbe in ein Coordinatensystem eingetragen dessen Abszissenachse $A\ x$ die Achse eines Gefässrohrs von seinem Beginn am Herzen bis zu den Capillaren hin darstellt, so dass z. B. bei A der Wandpunkt des Durchmessers von einem beliebigen Stück Aorta, bei D derjenige eines kleinsten Arterienastes gelegen wäre. — Die Ordinaten Y bedeuten die Wandspannungen nach der schon früher festgestellten Uebereinkunft. Wenn nun die Spannung in der Aorta in Folge einer Herzzusammenziehung auf $A\ Y$ gestiegen wäre, so würde sie in einem Aste ersterer Ordnung hierdurch etwa auf $B\ Y$, in einem Aste dritter Ordnung aber nur auf $C\ Y$ und in einem Aste letzter Ordnung endlich nur auf $D\ Y$ kommen. Während der darauf folgenden Herzpause würde in A die Spannung bis auf $A\ y$ herab gehen, in den Aesten erster Ordnung schon um weniger und in den darauf folgenden noch weniger, bis endlich bei D die Spannungen der Systole und Diastole zusammenfallen. — Mit dieser Abnahme der Spannungsdifferenzen nimmt aber zugleich die mittlere Spannung ab. Die ungefähre Lage dieser Mittelspannung ist durch die Ordinaten $A\ M$, $B\ M$, $C\ M$ angedeutet. —

Mit Rücksicht auf diese Thatsachen wäre nun zuerst zu überlegen: Woher rührt dieses Verschwinden der Spannungsunterschiede, oder anders ausgedrückt, warum strömt in den Querschnitt bei D zu jeder Zeit so viel ein als aus, obwohl am Röhrenanfang ein unterbrochenes Einströmen stattfindet. Wenn die Spannungsunterschiede daher rühren, einmal, das plötzlich alle Theilchen eines Querschnitts einen Stoss bekommen, der sie gegen diejenigen eines nächstgelegenen hineinzudrängen suchte, und ausserdem daher, dass in einen Querschnitt plötzlich mehr Flüssigkeit eingeschoben werden konnte, als aus ihm austreten konnte, so wird unsere Erscheinung erklärt sein, wenn sich zeigen lässt, dass die Wellenbewegung, d. h. die von Molekel auf Molekel fortgepflanzten Stösse im Verlauf des Röhrensystems verschwinden, und wenn ausserdem nachgewiesen wird, wie sich das tumultuarische Einströmen der Flüssigkeit in den Beginn des Arteriensystems in diesem allmählig in einen gleichförmigen Strom umwandelt. — Beides ist aber in der allgemeinen Betrachtung der Flüssigkeitsbewegung durch elastische Röhren geschehen (vergl. p. 60 u. f.). Denn es ergab sich dort schon, dass die lebendige Kraft, welche die Welle besass, von Beginn gegen das Ende des Rohres hin abnehmen musste, weil die Welle mit einer Bewegung

der in ihr enthaltenen Theilchen verknüpft war, so dass eine Reibung und damit ein Verlust an Kräften entstand. — Zugleich ist aber auch ersichtlich, dass eine jede Geschwindigkeit, bevor sie in dem Rohr eine constante geworden ist, sich beim Verlauf der Flüssigkeit durch die Röhrenlänge verlangsamen muss; dieses würde also die nothwendige Folgerung in sich schliessen, dass, wenn ein und dasselbe Flüssigkeitsquantum durch denselben Querschnitt strömt, es am Ende des Rohrs hierzu längere Zeit nöthig hat, als am Beginn desselben. Wendet man diese Betrachtung auf die arteriellen Röhren an, so würde die eben vorgelegte Thatsache nichts anderes sagen, als: Es ist die Geschwindigkeit der Flüssigkeit am Ende des Arteriensystems so verlangsamt, dass vom Beginn eines Herzschlags zum andern durch den viel grössern Gesammtquerschnitt gerade so viel strömt, als während der Dauer einer Herzzusammenziehung durch die Aortenmündung floss. Indem dieses geschieht, muss aber endlich eine Geschwindigkeit der in einen beliebigen Querschnitt einströmenden Flüssigkeit erreicht werden, welche gerade so gross ist, als die der ausströmenden. — Der Ort im Gefässystem, an welchem sich der Strom mit steigender und fallender Spannung umsetzt in einen solchen mit gleichförmiger, hat erfahrungsgemäss keine feste Lage; er rückt unter Umständen nicht allein weiter hinaus, z. B. in das Capillarensystem hinein, sondern es kommt zuweilen ein Ort gleichförmiger Spannung gar nicht zu Stande. Die Theorie behauptet, es müsse das Hinausrücken des Ortes von gleichmässiger Spannung geschehen entweder, wenn bei gleichbleibenden Verhältnissen an der Herzmündung die Widerstände, die sich dem Abfluss in die Capillaren und Venen entgegensetzen, vermehrt werden, oder wenn bei gleichbleibenden Widerständen an letzterer Stelle der Umfang und die Geschwindigkeit der Herzschläge in der Weise sich ändern, dass in gleichen Zeiten mehr Flüssigkeit in die Aorta dringt. In der That wird dieses von der Erfahrung bestätigt, insofern z. B. Arterien plötzlich zu pulsiren beginnen, die es vorher nicht thaten, wenn entweder ihre Abflussröhren verstopft sind (bei sog. Entzündungen), oder wenn das Herz in grosser Aufregung sich bewegt. — Die Erscheinung, dass irgendwo im Gefässrohr ein Ort gleichbleibender Spannung zum Vorschein kommt, muss dagegen ganz ausbleiben, wenn die Herzschläge so spärlich aufeinander folgen, dass es Zeiten giebt, in denen überhaupt keine Bewegung im Gefässrohr mehr stattfindet. Dieses tritt aber gewöhnlich

erst beim Absterben eines Thieres ein, weshalb auch dort noch ein wenn auch schwacher Puls in den Capillaren beobachtet wird.

Die Curve (Fig. 42.) thut demnächst dar, dass die mittlere Spannung in den Arterien von der Aorta nach den Capillaren in Abnahme begriffen sei. Diese Thatsache ist sogleich begreiflich, wenn man erwägt, dass die mittlere Spannung nichts anderes ist, als ein Ausdruck für das Maass der spannenden Kräfte, welche in dem gerade betrachteten Querschnitt von einer zur andern Zeit wirksam sind. Dass sie dieses aber bedeutet, geht aus der Definition der mittleren Kraft selbst hervor. Denn sie wird gefunden, wenn man alle die verschiedenen Spannungen addirt, welche an einem Ort während einer bestimmten Summe von Zeiteinheiten bestehen, und die hieraus gebildete Gesammtzahl dividirt durch die Summe der genannten Zeiteinheiten. Nun sind aber alle Ordinaten unserer Curve aus gleichlangen Zeiten abgeleitet, d. h. es sind alle die Spannungssummen dividirt worden durch dieselbe Zahl; das Verhältniss zwischen den mittleren Spannungen verschiedener Orte ist also gleich demjenigen der Spannungssummen. In einem jeden Strom nehmen aber die bewegenden und damit auch die spannenden Kräfte von dem Anfang zum Ende hin ab, wegen des Verlustes durch Reibung u. s. w. Der Verlauf dieser mittleren Curve bedeutet also, dass der Strom im Arteriensystem unter dieses allgemeine Gesetz fällt. Wir kommen hierauf bei einer andern Gelegenheit noch zurück.

Unsere Curve lässt endlich schliessen, dass es Zeiten geben müsse, in welchen die Spannung in den vom Herzen entfernter liegenden Gefässabschnitten eine höhere sei, als diejenige, welche gleichzeitig in den dem Herzen näher liegenden Theilen vorkommen. Wir brauchen nur anzudeuten, dass diese Erscheinung mit der Wellenbewegung und der Trägheit in Verbindung steht, indem sie die Folge einer raschen, durch das System fortschreitenden Bewegung ist.

C. In den Capillaren und den Venen, wenn letztere nicht allzunahe am Herzen liegen, leitet die Herzbewegung einen gleichmässigen Strom ein, der nach allgemeingiltigen Regeln in seinem Verlaufe mehr oder weniger rasch an Spannung verliert, je nach den Widerständen, die er in den einzelnen Abtheilungen findet. Der absolute Werth der Spannung in jedem Querschnitt wird natürlich bestimmt durch die bewegenden Kräfte des Stroms am Beginn des Capillarsystems. — In den Venen dagegen, welche nahe

am Herzen gelegen sind, wird jedesmal während der beginnenden Herzerschlaffung eine Thalwelle erregt, welche nach der Peripherie hin fortschreitet. Sie wird, offenbar weil ihre lebendigen Kräfte gering sind, rasch zerstört, so dass sie selbst mit feinen Mitteln nicht jenseits der grossen Kopf- und Armvenen sichtbar zu machen ist. Diese Thalwelle hat man früher davon ableiten wollen, dass sich das Organ nach seiner Zusammenziehung vermöge seiner elastischen Kräfte erweitere. Diese Eigenschaft kommt aber in der That dem Herzen nicht zu, und zudem liegen andere Erklärungen auch nahe. Während der Vorhofszusammenziehung sind die Venen, weil sie sich nicht entleeren können, bedeutender gespannt worden. Löst sich nun die Zusammenziehung des Vorhofs und rasch hinterher die der Kammern, so wird die gespannte Flüssigkeit in den wenig Widerstand bietenden Raum plötzlich herausstürzen, wodurch in hydraulischer Beziehung dasselbe erzielt wird, als ob sich das Herz erweitert habe.

In allen Fällen, in welchen die Semilunar-Klappen die Mündungen der Kranzarterien während der Systole des Herzens verschliessen, kann nach Beendigung der letztern eine plötzliche Ausdehnung der Herzhöhle entstehen durch das Blut, welches nach Entfaltung der Klappen plötzlich in die kleinen Aeste der Kranzarterien eindringt. Diese Wirkung des Stroms lässt sich an einem todten schlaffen Herzen nachahmen in dessen Coronararterien Flüssigkeit unter einem Drucke gefüllt wurde, der dem gewöhnlichen der Aorta gleichkommt. (Brücke).

Wie sich die Geschwindigkeit des Blutstroms unter dem Einflusse des Herzens allein gestalten würde ist uns unbekannt.

2. Bewegungen des Brustkastens und seiner Eingeweide*). Da das Herz und die grossen Gefässe von den Lungen und demnächst von den Brustwandungen umschlossen werden, so müssen deren Spannungen und Bewegungen von einem wesentlichen Einfluss auf den Blutlauf sein. —

a. Die Beziehung der elastischen Kräfte der Lungensubstanz auf den Blutstrom erläuterten wir zunächst für den Zustand des Brustkastens, in welchem er sich findet, nach der Ex- und vor der Inspiration, in welchem er also die Stellung eingenommen hat, die

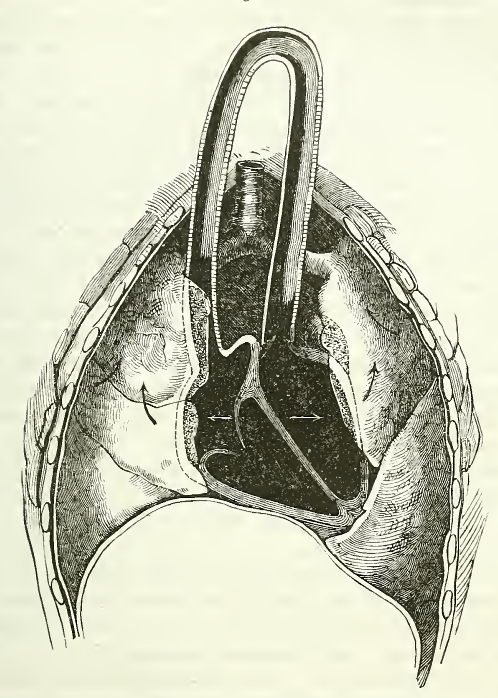
*) Donders, Henle's und Pfeufer's Zeitschrift. N. F. III. 287. und dessen wichtige Abhandlung. ibid. IV. Bd. 241. — Handleiding. II. Bd. a. 396. — C. Ludwig, Müllers Archiv. 1847. p. 212. — Ed. Weber, Leipz. Berichte; mathemat. physik. Classe. 1850. p. 29.

ihm vermöge der elastischen Kräfte seiner Bestandtheile zukommt. In dieser Zeit wird auf die Lungenoberfläche von Seiten der Brustwand kein Druck ausgeübt; denn es fehlt jede selbstständige Bewegung des Brustkastens, und es ist ausserdem die Wandung desselben steif genug, um nicht bewegt zu werden von einem mässigen Unterschied des Luftdrucks, der auf der innern und äussern Fläche der Brustwand etwa vorhanden wäre. Die Lungenoberfläche, welche an der Brustwand anruht, ist darum nur zwei Kräften ausgesetzt: dem Luftdruck und den elastischen Spannungen der Lungensubstanz. Diese beiden Kräfte wirken aber in entgegengesetzter Richtung. Die Luft nemlich, die nur durch die Trachea, nicht aber von Seiten der innern Brustfläche drückt, entfernt die Oberfläche von der Wurzel der Lunge, indem sie die Lunge entfaltet. Die elastischen Kräfte der Lungensubstanz wirken dagegen von der Oberfläche der Lunge gegen die Wurzel hin; sie suchen die entfaltete Lunge zusammenzudrücken. Der Beweis dafür, dass diese Kraft, und zwar in der angegebenen Richtung, wirkt, liegt darin, dass eine möglichst gesunde Lunge, welche man aus der Brusthöhle herausgenommen und zu dem Volum aufgeblasen hat, das sie in der Brusthöhle einnimmt, augenblicklich zusammenfällt, sowie man die Trachea öffnet, d. h. den Luftdruck aller Orten gleichmacht. Die Lunge kann in ihrer natürlichen Lage also nur darum ausgespannt erhalten werden, weil der Luftdruck das Uebergewicht besitzt über die elastischen Kräfte der Lunge. Dieses Uebergewicht ist durch Messungen nachgewiesen, indem Donders durch ein besonderes Verfahren ermittelte, dass, im hydrostatischen Maasse ausgedrückt, die elastischen Kräfte der Lunge im Maximum 30 MM. Quecksilber betragen, während der Luftdruck in den bewohnten Gegenden sich meist über 500 MM. hält. — Aus allem diesen folgt nun, dass die Theile, welche innerhalb des Brustkastens an der von der Pleura umkleideten Lungenfläche anliegen, einen geringern als den Luftdruck zu ertragen haben, und zwar einen um das Maas der elastischen Lungenkräfte verminderten Luftdruck. Diese Verminderung des Druckes wird sich an der Grenze zwischen Brustwand und Lunge nur als Spannung äussern können, da jene, wie erwähnt, zu steif ist, um durch einen Druckunterschied von wenigen MM. Hg. bewegt zu werden. — Anders gestalten sich dagegen die Dinge an der Grenze zwischen den Lungen und dem Herzen mit seinen Gefässausläufern. Der Inhalt dieser hohlen Organe steht nemlich

unter dem Luftdruck, da er in unmittelbarer Berührung steht mit dem Blut, welches sich in den Gefässen ausserhalb des Brustkastens findet, die diesem Drucke zugänglich sind, und ausserdem ist er noch in einer Spannung, welche von der Ueberfüllung der Gefässröhren mit Blut herrührt. Von diesen Kräften wirkt nun der Luftdruck demjenigen entgegen, welcher von der Längenoberfläche her auf das Herz trifft; sie würden sich also aufheben, vorausgesetzt, dass beide Drücke gleichen Werth besässen. Da nun aber der von der Lunge her treibende Luftdruck vermindert ist um den Werth der elastischen Kraft in der Lunge, so gewinnt der von dem Blutbehälter her wirkende Druck das Uebergewicht. Er sucht somit diese letztern auszudehnen. Da zu diesen ausdehnenden Kräften sich auch noch die hinzuzählen, welche von der Spannung des Bluts in den Gefässen herrühren, so müssen unzweifelhaft die in den Lungen eingebetteten Blutbehälter ein Ausdehnungsbestreben besitzen. Diesem Bestreben kann aber in diesem Falle Folge geleistet werden, da die Wandungen der Herz- und Gefässhöhlen in der That sehr nachgiebig sind. Der Bewegung, welche durch diese Mittel eingeleitet wird, ist erst dann eine Grenze gesetzt, wenn unsere Gefässe so weit durch Blut ausgedehnt sind, dass die elastische Spannung, in die ihre Wandungen treten, den ausdehnenden Kräften das Gleichgewicht hält. Zu diesem Grade der Spannung scheinen aber die venösen Wandungen der Gefässe niemals zu kommen, indem aus ihnen nach jeder Herzbewegung schon wieder Blut entleert wird, bevor es sich in dem verlangten Maasse aufgehäuft hat. Wir schliessen hierauf, weil im Leben immer Luft durch die vena jugularis in das Herz eindringt, wenn man sie blosgelegt und ihre Wand so durchschnitten hat, dass die Oeffnung klaffen kann; es muss also die Spannung, welche ihrem Inhalt zukommt, niedriger sein, als die der Luft. Um diese für den Kreislauf bedeutungsvolle Einrichtung zur Anschauung zu bringen, ist die Fig. 43. gezeichnet worden, welche ohne weitere Erklärung verständlich sein muss. Die Pfeile in der Herzhöhle und auf der Lunge deuten die Richtung an, nach welcher die elastischen Kräfte der Lunge wirksam sind, den Lungeninhalt pressen und den Herzinhalt auseinanderziehen.

Diese Saugkraft der Lunge muss aber den Blutstrom, welcher schon in Folge der Herzthätigkeit besteht, modifiziren, und zwar dadurch, dass sie alle Strömungen aus dem Brustkasten hemmt, indem sie die Zusammenziehung der Aorta hindert, dagegen alle

Fig. 43.



Strömung nach dem Brustkasten fördert, indem sie in die Venen desselben den Ort der niedrigsten Spannung legt, wohin selbst dann noch Flüssigkeit läuft, wenn auch die vom Stoss des Herzens und der Spannung der Gefässwände herrührenden Kräfte verzehrt sind. — Nun ist aber nicht zu verkennen, dass der letztere Effect seinem Werth nach das Uebergewicht über den ersteren hat; denn da die Venen eine grössere Flächenausdehnung haben, als die Arterien, so muss ihr Hohlraum durch dieselben Zugkräfte, die an mehreren Orten wirken, offenbar vielmehr erweitert werden, als der der Arterien; zudem sind die Arterienwandungen auch viel steifer, als die der Venen. Man kann also sagen, es werde die Blutströmung durch diese Einrichtung unterstützt.

b. Einathmungsbewegung. Diese Bewegung verbreitert und verlängert den Brustraum; sie wird auf verschiedene Weise für die grossen Blutbehälter in der Brust wirksam. 1) Da das Herz und die Gefässe an der Brustwand selbst angewachsen sind, so werden sie geradezu durch die Bewegungen ausgespannt. 2) Die Lungenoberfläche folgt der innern Brustfläche, und damit mindert sich noch der Widerhalt, den die Lunge den grossen Gefässen bietet. Diese Verminderung des Widerhalts rührt nun nicht etwa daher, dass während der Einathmung eine merkliche Differenz der Dichtigkeit in der äussern und innern Luft vorhanden wäre. Denn in der That ist die Verbindung der äussern mit der Lungenluft ergiebig genug, um es dahin zu bringen, dass in dem Moment, in welchem eine Luftverdünnung in den Lungen eintritt, sie auch durch Nachströmen aus der Atmosphäre ausgeglichen wird. Es rührt die Verminderung des Widerstandes, welche die äussere Gefässfläche erfährt, vielmehr von der grössern Ausdehnung der Lunge her. Denn in Folge dieser Ausdehnung wird auch ihre zusammenziehende Kraft vermehrt und darum vernichtet sie einen grössern Antheil des Luftdruckes, der durch ihre Oberfläche hindurch auf die äussern Gefässflächen wirkt. Diese beiden Gründe vereinigen sich somit wiederum, den Strom des Bluts aus der Brust zu hemmen und den nach der Brusthöhle hin zu fördern. — Donders hat darauf aufmerksam gemacht, dass diese Folge ebenso giltig ist für den kleinen, als für den grossen Kreislauf, da in beiden Fällen die Capillaren desselben in Flächen laufen, die unmittelbar dem Luftdruck ausgesetzt sind. — Von besonderer Wichtigkeit wird aber die Inspirationsbewegung für den Kreislauf in der Unterleibshöhle, weil mit der Erweiterung der Brusthöhle der Inhalt der Unterleibshöhle zusammengepresst und hierdurch vorzugsweise die Enleerung der Bauchvenen begünstigt wird.

c. Ausathmungsbewegung. Da diese Bewegung im Gegensatz zur Inspiration den Brustkasten zusammendrückt, so wird sie auch für die grossen Blutbehälter der Brust im entgegengesetzten Sinne wirken, indem sie nicht allein die Ausdehnungsfähigkeit derselben beschränkt, sondern auch geradezu dieselben auspresst. In Folge davon wird das Blut durch die Arterien mit gesteigerter Kraft aus dem Brustkasten geworfen und zugleich auch in die Venen zurückgeschleudert, resp. wegen der anwesenden Klappen gestaut werden. — Unter günstigen Umständen kann durch diese Stauung

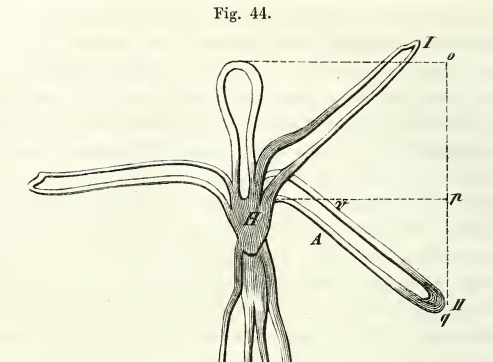
eine so vollkommene Unterbrechung des Einströmens von Blut in die Brusthöhle stattfinden, dass dadurch für längere Zeit eine vollkommene Unterbrechung des Kreislaufs bedingt wird. Dieses tritt nach Ed. Weber ein, wenn man tief inspirirt, die Stimmritze schliesst und dann eine kräftige Ausathmungsbewegung ausführt. Die comprimirte Luft kann die Venen vollkommen zuschliessen. Man wird nach diesen Auseinandersetzungen erkennen, dass die Bewegungen des Brustkastens im Ganzen und Grossen ganz dasselbe leisten, was auch die Herzbewegung vermag, denn auch sie pumpen das Blut aus den grossen Stämmen gegen die Peripherie. Neben dem unwesentlichen Unterschied, dass für gewöhnlich die Brustbewegungen länger anhalten und seltener wiederkehren, als die des Herzens, besteht aber noch der eingreifendere, dass sie an den Arterien und Venen jedesmal in gleichem Sinn die Spannung ändern; denn die Inspiration minderte, die Exspiration mehrte sie in beiden, während das Herz für beide gerade im ungleichen Sinne wirksam war. — Die besondern Hergänge, welche die durch die Brustbewegung veränderten Spannungen in dem Blutstrom einleiten, sind nach den früher mitgetheilten Regeln zu beurtheilen. Versuche, die den Einfluss der Respirationsbewegung auf das Blut, gesondert von der des Herzens, bestimmen, sind nicht ausgeführt.

3. Die Verkürzung oder Erschlaffung der Bauchmuskeln, wodurch der Inhalt der Unterleibshöhle sehr verschiedene Spannungen erfährt, muss natürlich auch unterstützend oder hemmend auf den Blutstrom wirken, da in der Unterleibshöhle grosse Gefässe eingeschlossen sind. Die Beurtheilung der Verhältnisse bietet keine Schwierigkeit. Auf einige kleine Besonderheiten werden wir noch später die Rede bringen, z. B. bei der Leber.

4. Die Schwerkraft. Man sollte auf den ersten Blick denken, dass durch eine Lagenveränderung einzelner Theile eines Röhrenwerks von den Eigenschaften des Blutgefässsystems gar keine Bewegung erzeugt werden könnte. Betrachten wir in der That ein System (Fig. 44.), welches sich dadurch hervorhebt, dass von demselben Punkte, dem Herzen H aus, Röhren ausgehn und zu ihm zurückkehren, so kann, vorausgesetzt, dass die Wandungen unnachgiebig sind, keine Bewegung dadurch eingeleitet werden, dass die einzelnen oder die Gesammtzahl der Röhren in eine andere Lage übergeht. Setzen wir z. B., dass der Röhrenbogen

10*

Fig. 44.



A V aus der gehobenen Lage *I* in die gesenkte *II* übergeht, so wird nun allerdings die Flüssigkeit der Spitzen bei *II*, die vorher keine Last von Seiten der Schwere zu ertragen hatte, gedrückt werden durch eine Säule von der senkrechten Höhe *o q*. Aber dieser Druck wird mit gleichem Werth ebensowohl durch den Zweig *A* als durch den von *V* hindurch auf die Spitze ausgeübt, und somit ist die Bewegung unmöglich. Wenn aber, wie in unserm Röhrensystem, die Wandungen ausdehnbar sind, so muss beim Uebergang aus der einen in die andere Stellung unzweifelhaft eine Bewegung auftreten; denn in der ersten Stellung lastete auf der Spitze des Röhrensystems kein Druck, wohl aber auf dem Beginn desselben ein solcher von dem Werthe *o p*. Gerade umgekehrt verhält sich die Sache bei der Stellung von *II*, wo die Spitze unter dem grössern und der Anfang der Schlinge unter dem geringeren Druck steht; somit wird sich in dem erstern Fall der Anfang, in dem letztern die Spitze erweitern, und dieses geschieht dadurch, dass beim Uebergang aus *I* in *II* ein Strom von dem Anfang gegen das Ende der Schlinge und bei Ueberragung aus

II in *I* das umgekehrte eintritt. Dieser Strom kann jedoch nur so lange andauern, bis die betreffende Stelle zu einer dem Druck entsprechenden Erweiterung oder Verengerung gekommen ist. Ebensowenig kann, wenn die neue Vertheilung des Inhalts einmal geschehen ist, durch den eben betrachteten Uebergang aus einer in die andere Stellung einer andern Bewegungsursache, die an der Mündung eines Rohrs wirkt, eine Hemmung oder Begünstigung zugefügt werden, da die Schwere immer nur gerade so viel die andern treibenden Kräfte in dem absteigenden Röhrenstück steigert, als sie dieselben in dem aufsteigenden mindert.

5. Verkürzung der Muskeln in der Gefässwand und in den Umgebungen der Gefässe. Diese Muskeln können trotz ihrer verschiedenen Lagerung ihrer Wirkung nach doch gemeinsam behandelt werden, wegen der zahlreichen Analogien in dieser Richtung. — Die Zusammenziehung dieser Muskeln erzeugt zunächst in allen Fällen eine Verengerung des Gefässlumens, und insofern müssen durch dieselbe, vorausgesetzt, dass sie sich nicht über das ganze, sondern nur über einen grössern oder kleinern Theil der Gefässe erstrecken, Blutbewegungen eingeleitet werden, welche ganz den Charakter der durch die Herzbewegung eingeleiteten tragen. Denn es ist ersichtlich, dass durch eine mehr oder weniger plötzliche Verengerung, die die Gefässe in beschränkter Ausdehnung erleiden, eine Welle entstehen muss, dass ferner wegen eintretender Spannungsungleichheit ein Strömen beginnt, und endlich dass wegen der Ventile, die in das Röhrenwerk gelegt sind, der Strom die der Blutbewegung allgemein zukommende Richtung annehmen muss. — Trotz alle dem muss aber doch dem Strom aus diesen Gründen eine nur untergeordnete Bedeutung zugeschrieben werden. Denn einmal erfolgen diese Bewegungen zu unregelmässig, und namentlich fehlen sie oft lange Zeit, wie z. B. im Schlaf u. s. w. Dann aber erfolgen die Bewegungen der Gefässe, da sie von glatten Muskeln ausgeführt werden, sehr allmählig, und noch mehr die einmal eingetretene Verkürzung bleibt, wie die nun schon sehr zahlreichen Erfahrungen an theils blossgelegten, theils durch die Haut sichtbaren Gefässen erweisen, sehr lange stabil, so dass eine dauernde Veränderung des Lumens besteht. Endlich aber, und dieses ist besonders zu betonen, hemmen die verengerten Stellen den von dem Herzen ausgehenden Strom, so dass die Zusammenziehungen eher als Beschränkungs-, denn als Förderungsmittel des Blutstroms anzusehen

sind. Diese Bemerkungen schliessen den bekannten Satz nicht aus, dass die Gefässmuskeln von Wichtigkeit für die Blutvertheilung sind.

6. Ein- und Austritt von Flüssigkeiten in die Gefässlumina. Während des Lebens treten ununterbrochen in die Gefässröhren Flüssigkeiten; am hervorragendsten geschieht dieses durch einen bald stärkern, bald schwächern Einfluss in die venae jugulares aus den Lymphgängen, und durch Diffussion in die Darmvenen während der Verdauung. Nicht minder entlässt auch, insbesondere durch Verdunstung auf Lungen und Haut und durch flüssige Entleerung in den Nieren-, Speichel-, Schweissdrüsen u. s. f., das Gefässlumen einen merklichen Theil seines Inhalts. Durch den Eintritt wird unzweifelhaft an dem einen Orte die Spannung erhöht und durch den Austritt an dem andern erniedrigt, und somit müsste auch ohne Zuthun anderer Hilfsmittel ein Strom von den ersteren zu den letzteren Stellen gehen. Diese Strömungen können aber neben den andern intensiven Störungen des Gleichgewichts nur von untergeordneter Bedeutung werden, um so mehr, als der Zu- und Abfluss, den sie veranlassen, nur sehr allmählig geschieht. Sie sind dagegen, wie schon oben bemerkt wurde, entscheidend für die Erhaltung der Gesammtspannung der Stromröhren, resp. für die Anfüllung derselben mit Flüssigkeit überhaupt.

Ausser diesen Hilfsmitteln, welche mit messbaren Kräften zur Erhaltung des Kreislaufs beitragen, glauben viele Schriftsteller älterer und neuerer Zeit noch zu der Annahme anderer gezwungen zu sein. Sie begründen diese Forderung entweder mit einem physikalischen Missverständniss, oder durch meist sehr verwickelte, zum Theil pathologische Vorgänge. Ein physikalisches Missverständniss, auf welches hier angespielt wird, liegt der Behauptung zu Grunde: dass die Kräfte des Herzens und des Brustkastens nicht hinreichen, um die Reibungs- und sonstigen Widerstände zu überwinden, welche sich dem Blutstrom in den kleinsten Gefässen entgegensetzen. Indem man dieses aussprach, bedachte man nicht, dass alle Widerstände, welche sich in einer beliebigen Röhre am Strom entgegenstemmen, mit den lebendigen Kräften dieses letztern steigen und fallen, so dass ein langsam und mit geringer Spannung fliessender Strom auch geringe Widerstände zu überwinden hat. Darum kann behauptet werden, dass die Bewegungen der Herz- und Brustmuskeln, auch wenn sie tausendmal weniger Kraft entwickelten, als sie in der That ausüben, doch einen Strom vom Herzen bis zurück zu ihm erzeugen würden, vorausgesetzt nur, dass diese Bewegungen hinreichten, um einen Spannungsunterschied der Flüssigkeit im arteriellen und venösen System hervorzurufen. Der Strom würde dann freilich mit einer viel geringeren Geschwindigkeit und Spannung dahin gehen. — Eine andere Reihe von Autoren giebt jenen Grund preis, beruft sich aber auf den reichlicheren Zufluss von Blut, welcher zu den Körpertheilen zu Stande kommt, in denen eine vermehrte Absonderung von Flüssig-

keit, eine gesteigerte Neubildung von Gewebsbestandtheilen, oder eine Entzündung vorkommt. Man glaubt diese Steigerung der Blutzufuhr erklären zu müssen aus einer Anziehung, welche sich entweder zwischen dem thätigern Gewebe und dem Blute neu entwickelt hat, oder aus der Steigerung einer schon bis dahin nur im schwächeren Grade bestehenden Verwandtschaft. Wenn man nicht in ganz willkührliche Annahmen verfallen will, so kann man mit dieser Verwandtschaft entweder nur eine partielle Stockung des Blutstroms erklären, oder eine sehr unbedeutende Vermehrung des Stroms von den Arterien zu den Capillaren, verbunden mit einer Schwächung desselben von den letztern Gefässen zu den Venen. Das erstere würde eintreten, wenn die auf das Blut wirkende Anziehung ihren Sitz an der innern Wandfläche des Gefässes besässe; sie würde die unmessbar dünne Wandschicht des Stromes hemmen, die Mittelschicht desselbeu dagegen ungestört strömen lassen, da alle chemischen Anziehungen nur in unmessbar kleinen Entfernungen wirken. — Der andere Fall aber würde eintreten, wenn die anziehende Substanz an der äussern Wandfläche gelegen wäre; sie würde dann aus der Wand die betreffenden, in sie eingedrungenen Blutbestandtheile anziehen, und ihre Wand würde sich dann wieder aus dem Blute mit Flüssigkeit tränken und somit einen Zweigstrom durch die Wand hindurch bedingen. Hierdurch würde die Spannung des strömenden Bluts an der Stelle des Rohrs erniedrigt, an welcher der Austritt von Flüssigkeit stattgefunden, und somit auch der Widerstand, welcher sich dem vom Herzen nachdrückenden Blut entgegensetzt. Zugleich aber würden mit der Wegnahme bewegter Flüssigkeit aus dem Rohr die lebendigen Kräfte der Flüssigkeit innerhalb der absondernden Röhren vermindert und damit die Triebkraft für den Strom von dieser Stelle aus geschwächt. — Wollte man beides, einen gesteigerten Zu- und Abfluss erklären mit Hilfe solcher Kräfte, die an und in der Wand thätig sind, so wäre man genöthigt, anziehende und abstossende Wirkungen in kurz aufeinanderfolgenden Zeiten abwechselnd von demselben Orte ausgehen zu lassen. — Bevor man nun die einfacheren Wege, welche zu einer Erklärung führen, verlässt und sich zu dunklern wendet, wäre, wie billig, der Hergang, der zu solchen Annahmen führte, genauer zu untersuchen gewesen. Da man diese Bedingung bis dahin nur sehr mangelhaft befriedigt hat, so lässt sich der einen nur die andere Hypothese entgegenstellen. Indem man sich hierzu versteht, kann man wahrscheinlich machen, dass die Anziehungen (ihr Bestehen vorausgesetzt) gar nicht im Stande sind, den Blutstrom in der auffallenden Weise zu verändern, in der dies meist in entzündeten, hypertropischen, stark absondernden Organen geschehen ist. — Zuerst übersehen wir, indem wir die Abhängigkeitsverhältnisse zwischen Stromwandung und anziehenden Kräften überlegen, dass der Strom in den Arterien in dem Maasse an Geschwindigkeit zunehmen musste, in welchem durch die Anziehung Flüssigkeit aus dem Gefässlumen herausgezogen wird. Wir sehen nun aber sogleich, dass in den meisten Fällen, besonders in allen Entzündungen fester Theile, die aus der Gefässhöhle geführte Flüssigkeitsmenge nur sehr gering sein kann und dass sie unter allen Umständen verschwindet gegen das Flüssigkeitsvolum, was aus andern Gründen durch das Stromrohr geführt wird. Also muss auch die beschleunigende Wirkung der Anziehung verschwinden. — Dann aber ist ersichtlich, dass die Spannung in der zuführenden Arterie in den erwähnten Fällen immer niedriger als im Normalzustande sein müsste, wenn in Folge der Anziehung Blutflüssigkeit aus den Capillaren entleert würde, und dass sie nur um ein unmessbares erhöht sein dürfte, wenn durch die Anziehung die stockende Wandschicht des Stroms an Durchmesser zunähme. Nun sehen wir aber, dass auch Absonderungen insofern sie von einer Aenderung des Blutstroms begleitet sind, immer eine erhöhte

Spannung in den zuführenden Arterien mit sich bringen. Diese Erscheinung macht also sogleich die Anziehungshypothese unwahrscheinlich, indem sie ihren Folgerungen widerspricht. — Viel annehmbarer erscheint darum die Behauptung, dass die Veränderung des Stroms sich erst einfindet, wenn aus irgend welchen Gründen eine Verengerung oder Erweiterung der leicht beweglichen Gefässröhren des entzündeten oder absondernden Organes eingetreten ist. Dass aber hieraus wesentliche Veränderungen des gewöhnlichen Stromes entstehen können, werden wir, soweit dieses nicht schon geschehen ist, demnächst noch zu sehen Gelegenheit haben.

Wir haben einem alten Gebrauch zufolge*) wesentliche und unwesentliche Triebkräfte des Blutstroms unterschieden. Nach unseren Mittheilungen kann sich diese Trennung nur beziehen auf den Antheil, welchen die einzelnen Bewegungsursachen an der Gesammtkraft des Stromes besitzen, so dass wir die Kräfte, denen der Strom den grössten Theil seiner Spannung und Geschwindigkeit verdankt, die wesentlichen nennen. Als wesentliche wurden aber bezeichnet die Herz- und Brustbewegung, weil erfahrungsgemäss der Blutstrom den bei weitem grössten Theil seiner Spannung und Geschwindigkeit verliert, so wie diese bewegenden Kräfte ausfallen. Die Versuche, auf welche sich dieser Ausspruch stützt, sind vollkommen beweisend, wenn sie auch nicht bis zu dem Grade von Genauigkeit geführt werden können, um den Einfluss eines jeden einzelnen Einflusses in scharfem Maasse anzugeben. — Denn wenn man z. B. durch Vaguserregung das Herz zum Stillstand zwingt, so sinkt alsbald die Spannung in den Arterien fast bis zur Spannung der Ruhe, der Strom in den Capillaren wird so langsam, dass in ihnen keine Bewegung zu sehen, selbst wenn die etwa bestehende Geschwindigkeit durch das Mikroskop um mehrhundertfach vergrössert wird, und die Spannung in den Venen mehrt sich in der Ruhe, Spannungsunterschiede und Geschwindigkeiten kehren aber wieder zurück in dem Maasse, in welchem die Herzschläge wiederkehren. Nichts ähnliches tritt ein, wenn wir die Gliederbewegung aussetzen, die Diffussionen und Absonderungen beschränken, während das Herz schlägt. — Nächst dem Herzen setzen wir den Brustkorb, einmal darum, weil für gewöhnlich dieses Gebilde in die Gefässbahn einen Ort von sehr niederer Spannung bringt, dann aber auch, weil die Bewegungen des Brustkastens, wenn sie energisch sind, dem Blut sehr kräftige Stösse zu geben im Stande sind, wie uns das die Messungen noch zeigen werden. Wir sind leider nicht im Stande, die kräftigen einander rasch folgenden Brustbe-

*) Volkmann, Haemodynamik. p. 292.

wegungen herbeizuführen, wenn der Herzschlag steht. — Aehnliche, aber schon untergeordnete Wirkungen zeigen die Bewegungen der Muskeln am Bauch, den Gliedmaassen und den Gefässwänden. — Wenig einflussreich können der Natur der Sache nach auch die Kräfte sein, welche durch die Gefässwandungen hindurch Flüssigkeit aus dem Gefässsystem ausziehen oder in dasselbe treiben. Wie gross diese Kräfte auch an und für sich sein mögen, sie sind für den Blutstrom nur in so fern von Bedeutung, als sie im Stande sind, den Inhalt der Gefässröhren zu mehren oder zu mindern, oder anders ausgedrückt, durch die Geschwindigkeit und den Umfang des Stroms, welchen sie durch die Gefässwand führen, denn es kann von den übrigen Gefässprovinzen in die absondernden nur so viel einfliessen, als aus diesen letzteren durch die Absonderung entfernt wird. Nun treten in der That aus den Nieren oder den Lungen täglich nur einige Tausend Cubikcentimeter Flüssigkeit aus, der Blutstrom führt durch diese Organe, wie uns eine überschlägliche Rechnung zeigt, aber täglich Millionen von Cubikcentimeter Blut; es verschwindet also der Sekretionsstrom gegen den, welchen die andern Kräfte erzeugen.

Man hat zuweilen neben diesem hier hervorgehobenen Unterschied die erzeugenden Kräfte des Blutstroms auch danach geschieden, ob sie im Stande wären, den Strom nur durch einzelne, z. B. die Arterien, Venen u. dgl., oder auch sämmtliche Abschnitte des Gefässtystems zu führen. Dieser Unterscheidung ist aber kein Werth beizulegen, da jede Kraft, welche zwei Orten, die durch eine Klappe getrennt, eine ungleiche Spannung zu ertheilen vermag, auch einen Strom durch das ganze System herbeiführen muss. Es würde hierzu also eben so wohl die Saugkraft der Brust als die Stosskraft des Herzens hinreichen, weil im kommunizirenden Röhrensystem sich die ungleichen Spannungen des Inhalts ausgleichen.

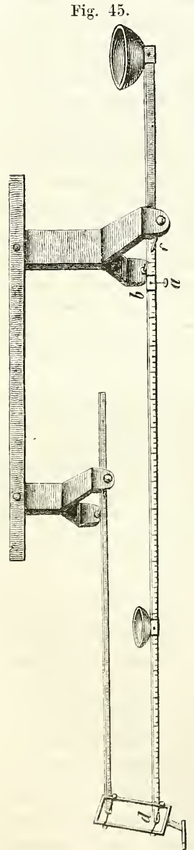
Die absoluten Werthe der Spannungen im Blutstrom.

Die Versuche, welche die Spannungen im Blutstrom und die Veränderungen in der Zeit zu messen oder zu schätzen trachteten, sind meist so angestellt worden, dass der Antheil, den die einzelnen stromerzeugenden Kräfte an ihnen nehmen, nicht gesondert zu bemessen ist. — Die Hilfsmittel, welche man beim Menschen zu Rathe ziehen kann, um den Werth der bestehenden Spannung zu messen, sind so unvollkommen, dass sie niemals mehr als ganz grobe Unterschiede zweier verschiedenen Werthe erkennen lassen; über die absoluten Werthe der verglichenen Spannungen erhalten wir aber durch sie gar keinen Aufschluss. Genaue aber weitaus nicht überall genügende Messungen dieser Verhältnisse lassen sich durch das Manometer bei Thieren gewinnen. — Gewisse Eigen-

thümlichkeiten der zeitlichen Veränderungen in den Drücken sind dagegen beim Menschen und in noch ausgedehnterem Maasse bei Thieren scharf zu bestimmen.

Ueber die Spannung des menschlichen Blutes kann man, seltene Ausnahmen abgerechnet, nur Erfahrungen sammeln durch die Veränderungen, welche in Folge desselben die Gefässwandungen erleiden. — Hierzu bedient man sich am schmucklosesten des Fingers, welcher den Widerstand schätzt, den ein Gefäss der Zusammenpressung entgegenstellt, oder auch der sichtbaren Ausdehnung und Farbenveränderung gewisser Gefässregionen. Diese Beobachtungsweise hat man zu vervollkommnen getrachtet durch die Anwendung eines Glasröhrchens, das an seinem obern Ende zu einer offenen Capillare ausgezogen, an seinem untern aber mit einer nachgiebigen Blase geschlossen war. Man soll dieses Gefäss mit Flüssigkeit füllen, die Blase auf die Haut setzen, welche über eine Arterie wegläuft, andrücken, und das Spiel der Flüssigkeit, welches durch das Klopfen der Arterie herbeigeführt wird, in dem engen Ausläufer vergrössert beobachten (Herisson). — Weit vollkommener als hierdurch gelingt die Nachweisung wesentlicher Eigenschaften des Pulses durch den schreibenden Fühlhebel, dem Vierordt*) als Sphygmograph (Fig. 45) folgende Einrichtung gegeben hat. Auf die Haut, welche eine leicht zugängliche Arterie bedeckt, legt er ein Plättchen (*a*), von dem ein Stäbchen senkrecht zu dem Ende des kurzen Arms eines Fühlhebels *b c* aufsteigt, an dem es sich befestigt. Der lange Arm des Hebels *d c*, der die Ausschläge des kurzen 10 bis 30 mal vergrössert, ist am freien Ende mit einer der zarter gehenden Vorrichtungen in Verbindung, welche die Kreisbewegung dieses Endes in eine gradlinige übersetzen; diese Einrichtung trägt ein Menschenhaar *e*, das die Auf- und Abgänge des Hebels auf ein berusstes Papier fixirt, welches über den Umfang eines mit bekannter Geschwindigkeit sich drehenden Cylinders gespannt ist.

Fig. 45.



Um den Gang des Hebels von mancherlei andern Bewegungsursachen unabhängig zu machen, die sich hier einmischen könnten, giebt Vierordt zahlreiche Vorschriften; so stellt er die Gliedmaasse fest, welche die Arterie trägt, und überzeugt sich durch ein sicheres Verfahren, dass ihm dieses gelungen; die Schwingungen in Folge der Trägheit beseitigt er dadurch, dass er sowohl die Gesammtmasse des Hebels durch Auflegen von Gewichten als auch den Druck, welche dieselbe auf das Gefäss ausübt, so lange (durch Aequilivriren des entgegengesetzten Armes) regelt, bis der Hebel mit der gewünschten Geschwindigkeit aufgehoben wird. Nicht mindere Aufmerksamkeit

*) Die Lehre vom Arterienpuls. Braunschweig 1855.

schenkt er der Verbindung zwischen Haut und Plättchen, um die erste so nachgiebig zu machen, dass das letztere jeder Pulslage auch wirklich folgen könne. Eine Einrichtung ist Vierordt jedoch noch nicht gelungen, nämlich die Herstellung einer solchen Verbindung, dass in zwei verschiedenen Versuchen aus der Grösse des Hebel-Ausschlages die Durchmesser-Vermehrung der Arterien abgeleitet werden könnte. Unter vorsichtiger Benutzung in sachverständigen Händen wird dieses Instrument ebensowohl den Zeitraum bestimmen, der zur Vollendung sei es einer ganzen oder nur der auf- oder absteigenden Pulsbewegung verbraucht wird, und unter Umständen auch die Abhängigkeit darstellen, in welcher das Wachsthum des Arterien-Durchmessers zur Zeit steht. Dieses ist natürlich nicht gleichbedeutend mit dem Wachsthum des Blutdrucks, wegen der bekannten Eigenschaft der Arterienwand, sich nicht direkt proportinal mit der steigenden Belastung auszudehnen, vorausgesetzt, dass diese letztere nur kürzere Zeit hindurch einwirkt. Aus diesen und andern Gründen ist das Instrument auch nicht geeignet, relative oder absolute Angaben über den Blutdruck zu machen, vorausgesetzt, man wollte über die Angaben hinausgehen, dass einem grösseren Durchmesser der Arterie eine höhere Blutspannung entspreche als einem geringeren.

In einzelnen Fällen ist es auch vortheilhaft gewesen, das Metronom zu gebrauchen, um ein ungefähres Maass für den zeitlichen Abstand zweier Pulsschläge zu erhalten. Donders stellt das Instrument so ein, dass die Schläge desselben mit denen des Pulses zusammenfallen. Wird nun durch irgend welchen Umstand die Schlagfolge des Herzens vorübergehend geändert, so ist aus der Vergleichung mit dem Metronom leicht anzugeben, ob die Herzpausen verlängert oder verkürzt sind.

Zur Messung der Spannungen bei Thieren bedient man sich auch hier des Druckzeichners (Fig. 35). Er hat vor allen übrigen denkbaren Instrumenten den Vorzug, dass die Blutspannung durch eine Flüssigkeit gemessen wird, so dass die Angaben des Messinstruments sogleich brauchbar sind, ohne irgend welchen Umsatz in ein anderes Maass erfahren zu müssen.

Wenn nun aber das registrirende Manometer dazu benutzt werden soll, um Drücke zu messen und aufzuschreiben, die mit der steigenden Zeit in sehr auffallendem Grade wachsen und sinken, so ist eine besondere Betrachtung nöthig, ob die vom Instrument gegebene Curve das wahre Spiegelbild des Vorgangs in dem Gefässe ist, mit andern Worten ob in der That der in jedem Augenblick aufgezeichnete Druck auch im Gefäss als solcher vorhanden ist. Diese Voraussetzung würde erfüllt sein, wenn der Druck im Blute und im Glasgefäss sich momentan ausgleichen könnte und wenn das Quecksilber sich nur unter dem Einfluss des jeweilig vorhandenen Blutdruckes bewegte.

Indem wir zuerst den letzten Punkt ins Auge fassen, leuchtet sogleich ein, dass das Quecksilber, welches bisher unter dem Einfluss der stets geänderten Blutdrücke auf- und abgeht, vermöge seiner Trägheit auch noch dann mit seiner bisherigen Geschwindigkeit fortschreiten würde, selbst wenn es dem Einflusse des Blutdruckes entzogen wäre. Demnach würde also die wahre Bewegung,

die das Quecksilber in jedem Augenblick annimmt, abhängen von dem Stoss, den es in ihm empfängt und dem Bewegungsbestreben, welches ihm seiner Trägheit wegen noch anklebt. Hieraus leuchtet sogleich weiter ein, dass die Bewegung des Quecksilbers nur dann dem Gange des Blutdruckes entspricht, wenn es gelingt, den ihm wegen der Trägheit anhaftenden Stoss der bewegenden Kräfte verschwindend klein zu machen gegen denjenigen, der hervorgeht aus dem in jedem Augenblicke neu hinzukommenden positiven oder negativen Spannungszuwachs. Diese Forderung lässt sich aber auf genügende Weise befriedigen. Zu dem Ende muss die Masse des im Manometer aufgehäuften Quecksilbers möglichst gering genommen werden; eine Maassregel, die jedoch bald darin ihre Grenze findet, dass die Länge der Quecksilbersäule nicht unter einen bestimmten Werth herabsinken darf, soll sie anders dem Blutdrucke noch das Gleichgewicht halten, und dass sich der Anwendung des zeichnenden Schwimmers Schwierigkeiten in den Weg setzen, wenn ihr Querschnitt unter 2—4 Mm. Durchmesser absteigt. Daraus folgt, dass in die Röhre 25 bis 50 Gr. Quecksilber gefüllt werden müssen. In der That kann aber auch bis zur letzten Gewichtsmenge gestiegen werden, vorausgesetzt, dass man den Blutdruck einer grösseren Arterie bei Hunden von mittlerem Körpergewicht messen will. — Zweitens müssen die Wandungen der Verbindungsröhre zwischen Blut und Quecksilber aus steifen Stoffen (Messing, Blei oder Zinn) gebaut und ihr Hohlraum durchaus nur mit tropfbarer Flüssigkeit gefüllt und somit alle Luftblasen vermieden sein. Der Vortheil, welchen diese Verbindungsart bietet, besteht darin, dass sich dann das Quecksilber nur in so weit bewegen kann, als Blut aus den Gefässröhren nachdringt oder dorthin ausweicht. Hierdurch wird aber offenbar die Bewegung des Quecksilbers mit allen den bewegungsverzehrenden Widerständen behaftet, welche sich dem Blutstrom selbst entgegen stellen. Es würde darum sehr fehlerhaft sein, wenn man Luftblasen in dem Instrument dulden oder gar das Blutgefäss mit dem Glasrohr durch einen leicht in Schwingungen zu versetzenden Kautschoukschlauch verbinden wollte. — Endlich muss in das Verbindungsrohr zwischen Blut und Quecksilber ein Hahn eingesetzt werden, um die Ausgleichungsgeschwindigkeit des Drucks zwischen den beiden genannten Flüssigkeiten gewisse Grenzen nicht übersteigen zu lassen; denn offenbar ist es eine Bedingung für die brauchbare Messung, dass die Geschwindigkeit, mit der das Quecksilber im Glasrohr ansteigt oder absinkt, niemals

einen allzubeträchtlichen Werth annimmt. Die Erfahrung hat gelehrt, dass eine Spiegeländerung von 20—40 Mm. in 0,3 bis 0,4 Secd. unschädlich ist; man könnte aber durch Stellung der Hahnöffnung das Ansteigen und Absinken noch weit langsamer geschehen lassen.

Wendet man diese selbstverständlichen Vorsichtsmaassregeln an, so wird man sicher sein, dass sich das Quecksilber im Manometer und der Druck in den Arterien immer im gleichen Sinne ändern, und dass namentlich, wie man behauptet, im Manometer niemals mehr Wendepunkte des Drucks, als Pulsschläge geschehen sind, vorkommen. Um mich zu überzeugen, dass diese Vorsichtsmaassregeln genügen, um den Gang des Quecksilber- und Blutdruckes in zeitliche Uebereinstimmung zu bringen, wendete ich in meiner vor 12 Jahren erschienenen Arbeit über den Druckzeichner mehrere Prüfungsmittel an. So legte ich zwischen die innere Brustwandfläche und das Herz des Thieres, dessen Blutdruck untersucht werden sollte, ein kleines mit Wasser gefülltes Bläschen luftdicht ein, führte aus demselben ein steifes Rohr in ein mit Quecksilber gefülltes Manometer, dessen Schwimmer auf die rotirende Trommel schreiben konnte. Da sich das Herz bei der Systole der Brustwand nähert, bei der Diastole von ihr entfernt, so wird das Bläschen dazu dienen können, Senkungen und Erhebungen des Quecksilbers im Manometer zu veranlassen, die gleichzeitig mit dem Steigen und Fallen des Druckes in der Arterie gehen. Hat man nun gleichzeitig aus dem Bläschen und einer Arterie zwei Curven schreiben lassen, und legt man dann die zu einander gehörigen Stücke der beiden Curven übereinander*), so ist die Zeit, welche zur Vollendung einer Herzbewegung gehört, in der Herz- und Arteriencurve ganz dieselbe. Es finden sich dagegen Unterschiede rücksichtlich der Mittheilung dieser Gesammtzeit auf den auf- und absteigenden Theil einer jeden Herzcurve, was nicht anders sein kann, da sich in dem arteriellen Blut noch die Respirationsstösse ausprägen, die in dem auf das Herz gelegten Beutelchen nicht ganz fehlen, aber doch weniger merklich sind. Da nun aber die Excursionen der vom Herzen geradaus gezeichneten Curve oft um das neunfache geringer sind, als die des arteriellen Manometers, so folgt eben daraus, dass die Vollendungszeit einer Schwankung unabhängig war von der Elongation, die sie besass. — Eine andere Probe gewann ich dadurch, dass ich gleichzeitig auf Carotis und

*) l. c. in Müllers Archiv 1847. p. 293. Die Zahlen der Tabelle XIII. Fig. 21 u. Taf. XI. Fig. 13.

Cruralis oder zwei Carotiden u. s. w. zwei Manometer mit ungleichen Quecksilbermengen und Hahnöffnungen einsetzte; hierdurch erhielt ich Curven, deren variable Ordinaten sehr ungleich hoch waren, und doch deckten sich beide zeitlich vollkommen*).

Diesen aus der Erfahrung geschöpften Beweis für die Behauptung, dass der Druck des Blutes und des Quecksilbers gleichviel Hebungen und Senkungen macht, hat Redtenbacher**) auf theoretische Betrachtungen gestüzt, angezweifelt. Die Voraussetzungen seiner Rechnung fallen aber mit denen des Manometers nicht zusammen. Denn während das Instrument gerade auf einer vorsichtigen Benutzung der Reibung des Bluts im Gefässsystem und auf der Regelung der Ausgleichungszeiten der Drücke in dem Gefäss und Glasrohr beruht, wendet er auf dasselbe die elementaren Sätze an, welche für die Verflechtung zweier Schwingungsursachen giltig sind. Demgemäss muss er zu Folgerungen kommen, die ein passend eingerichtetes Manometer niemals bestätigen kann. — Ad. Fick ***) hat das Versehen von Redtenbacher in so fern verbessert, als er in seine Formel einen die Reibung bezeichnenden Ausdruck einsetzt, wodurch sich, wenige Umformungen abgerechnet, die Betrachtung gerade so gestaltet, wie sie Seebeck†) für die Trommelfellbewegung gegeben hat. Unter dieser ganz allgemeinen Voraussetzung stimmt nun auch schon Erfahrung und Rechnung besser. — Vom praktischen Standpunkt aus hat Vierordt und nach ihm Valentin Bedenken gegen das Manometer erhoben; unbestreitbar giebt es Einrichtungen, die nicht das Gewünschte leisten, obwohl sie nach dem Schema der Manometer gebaut sind. Bevor also eine Besprechung jener Bedenken fruchtbar werden könnte, müsste der Bau und die Anwendungsweise ihrer Instrumente bekannt sein. Vierordt gebührt jedoch das Verdienst, gezeigt zu haben, dass das Manometer nicht in Jedermanns Hand nützlich werden muss; er hat damit hoffentlich den Gebrauch des Instruments heilsam eingeschränkt. —

Die bisherigen Betrachtungen haben ungesucht den Beweis geliefert, dass die Quecksilberdrücke den jeweilig vorhandenen Blutdrücken nicht entsprechen, weil absichtlich die Ausgleichung der

*) l. c Taf. 14. Fig. 26.
**) Vierordt, Lehre vom Arterienpuls p. 11.
***) Med. Physik p. 468.
†) Dieses Lehrbuch I. Bd. p. 363.

fortlaufend sich ändernden Blutdrücke gehemmt wurde; es wird also die Hgsäule im Manometer nie so hoch steigen und sinken, als der Blutdruck fordert. Dieser Umstand verhindert es aber nicht, dass aus den fortlaufend veränderten Höhen, welche das Quecksilber erreicht, der wahre Mitteldruck des Bluts gefunden werden kann, weil nämlich die Einflüsse, welche die Ausgleichung hindern, sich in ganz derselben Weise für das Auf- wie das Absteigen geltend machen.

Aus der gelieferten Curve findet man nun den Mitteldruck entweder durch Wägung des Papierstückes, welches die Curve umgrenzt oder durch das Planimeter, worüber auf die medicinische Physik von Ad. Fick*) zu verweisen ist.

Ueber die Verbindungen des Manometers mit dem Gefäss je nach der Messung des Seiten- oder Achsendrucks und je nach der Messung in Arterien und Venen siehe C. Ludwig und Volkmann**).

Beobachtete Spannungen in der grossen Blutbahn.

Arterien.

1. Puls. Jede Zusammenziehung des Herzens bedingt in den Arterien eine rasch vorübergehende, durch das ganze System fortlaufende Erweiterung, welche als Folge der Welle angesehen werden muss, die vom Herzen erregt wird. — Die Ausdehnung der Arterie geschieht, wie dieses namentlich an einem blos gelegten Gefässe sichtbar wird, eben so wohl nach der Länge als nach dem Durchmesser. Die Auswellung nach der letztern Richtung ist jedoch weniger augenfällig, als die Verlängerung, welche sich durch eine Bewegung der bisher gestreckten Gefässe besonders einleuchtend äussert. Dieser Unterschied ist einmal begründet in der meist geringern Dehnbarkeit nach der queren Richtung und nächstdem dadurch, dass das blossgelegte Gefäss nach der Länge hin in grösserer Ausdehnung sichtbar ist, als sie der Peripherie der Arterie zukommt; wenn also die Ausdehnung, welche die Arterienwand nach beiden Richtungen hin erfährt, relativ gleich gross ist, so wird doch die nach der Länge absolut bedeutender sein.

Poiseuille***) hat in einigen Fällen bei Thieren die Vermehrung der Räumlichkeit gemessen, welche ein aliquoter Abschnitt einer Arterie erfährt; leider fehlen gleichzeitige Druckbestimmungen, so dass das Resultat auf kein allgemeines Interesse Anspruch machen kann. — Ueber den Streit, ob die Ausdehnung nach der Länge allein oder nach beiden Richtungen erfolge, siehe E. H. Weber†).

*) p. 464.

**) Mogk, Henle u. Pfeufer's Zeitschrift. III. Bd. — Haemodynamik. 145.

***) Valentin, Lehrbuch der Physiologie. 2. Aufl. I. p. 448.

†) Hildebrand's Anatomie. III. Bd. p. 73.

Wenn die Erweiterung der Arterien beim Puls die Folge der fortschreitenden Wellenbewegung ist, so muss derselbe, wie dieses auch thatsächlich der Fall, in jedem dem Herzen näher gelegenen Arterienabschnitt früher erscheinen, als in den entfernteren. Kennt man nun die Zeit, welche nothwendig, damit das Maximum der Erweiterung von einem Ort zu einem andern von bekannter Entfernung fortschreitet, so ist damit die Geschwindigkeit des Fortschreitens der Welle im Arteriensystem gegeben. E. H. Weber*) hat mit der Tertienuhr eine solche Bestimmung an sich ausgeführt und gefunden, dass die Welle in 1 Sekunde um 11,250 Meter = 34,5 Fuss fortschreitet. Bemerkenswerther Weise stimmt diese Fortleitungsgeschwindigkeit mit der von ihm am Kautschoukrohr beobachteten überein. — Macht man nun die Annahme, dass in einer Arterie die Wellen von einem zum andern Herzschlag andauern, so muss die Wellenlänge gefunden werden, wenn man diese Zeit mit der Fortleitungsgeschwindigkeit multiplizirt. Aus einer solchen Rechnung geht hervor, dass selbst bei einem sehr rasch auf einander folgenden Herzschlag die Länge der Arterienwelle die des menschlichen Körpers weit übertrifft.

2. An einer und derselben Gefässstelle erscheint die Widerstandsfähigkeit der pulsirenden Arterie dem drückenden Finger veränderlich mit der Blutfülle des ganzen Gefässsystems, mit der Zahl und Kraft der Athem- und Herzbewegungen, mit dem Eintritt von Stromhemmnissen im Allgemeinen, oder solchen, die diesseits und jenseits der untersuchten Stelle gelegen sind.

Den genauen Ausdruck für diese Thatsachen liefert der Druckzeichner; die folgenden Beobachtungen beziehen sich auf die art. carotis, wenn nicht das Gegentheil bemerkt wird.

a. Veränderlichkeit des Mitteldrucks eines Blutstroms mit der Blutfülle**). Nach einer Injection von erwärmtem und geschlagenem Blut eines Thiers in die Adern eines gleichartigen andern pflegt, wie Volkmann, Goll u. A. erwiesen haben, die mittlere Spannung des Stroms in der Carotis zu steigen, während sie abnimmt nach grossen Aderlässen. Dieser Erfolg muss jedoch nicht nothwendig eintreten, da eine Vermehrung oder Verminderung in der Beschleunigung und in dem Umfang der

*) Leipziger Berichte. Mathematisch-physische Classe. 1851. 196 u. 118.

**) Volkmann, Haemodynamik. p. 464. — Goll, Henle u. Pfeufer's Zeitschrift. N. F. IV. p. 78. — Brunner, l. c.

Herzschläge compensirend auftreten kann. Diese Compensation muss jedoch innerhalb gewisser Grenzen eingeschlossen sein, die sich aber vorerst nicht näher bezeichnen lassen. — Während eines Aderlasses muss nach den Versuchen, welche Volkmann an starren Röhren anstellte, die Spannungsabnahme am grössten sein in den Gefässen, welche der Oeffnung zunächst liegen, und namentlich in denjenigen, welche zwischen diesen letztern und den Capillaren sich befinden.

Nach einer merkwürdigen Beobachtung von Vierordt und Aberle*) hat die a. radialis der lebenden Menschen vor dem Mittagsessen einen geringeren Durchmesser als nach demselben; das belastete Stäbchen (p. 154) fand im Mittel den Durchmesser der Arterie nach Tisch = 2,9 MM.; vor Tisch aber = 2,3 MM. Dieses Spannungswachsthum des Bluts kann abgeleitet werden aus einem durch die Verdauung vermehrten Inhalt des Gefässsystems, aus der Stauung, welche die zu jener Zeit zahlreich vorhandenen farblosen Blutkörperchen in den Capillaren erzeugen, oder sie kann Folge einer Mischung beider Ursachen sein.

b. Wie sich unter dem Einfluss der veränderten Herzbewegung die Spannung ändert, ist schon früher mitgetheilt worden, siehe pag. 131.

c. Veränderlichkeit der Spannung mit den Athembewegungen**). Der Einfluss der Athembewegung auf die Spannung des arteriellen Blutes fällt bei verschiedenen Thiergattungen und bei denselben Individuen unter abweichenden Umständen sehr verschieden aus. Wir betrachten hier als Prototype die Erscheinungen beim Hund und dem Pferd.

Hund. Hier ist zu unterscheiden: α. Jeder einzelne Akt einer Athembewegung (eine In- und eine Exspiration) besitzt die Dauer mehrer Herzschläge; die Zahl dieser letztern in der Minute ist eine mittlere (keine beschleunigte). — In diesem Fall gewinnt die Spannungscurve das in Fig. 46. wiedergegebene Ansehen. Mit der beginnenden Exspiration folgen die Zusammenziehungen des Herzens einander sehr rasch (1 bis 6). In dieser Zeit (E bis R) steigt die mittlere Spannung sehr beträchtlich, so dass selbst während der zwischen zwei Zusammenziehungen gelegenen Erschlaffung des Herzens entweder gar kein oder ein nur sehr unbedeu-

*) Die Messung des Arteriendurchmesser. Tübingen 1856.

**) C. Ludwig, Müller's Archiv. 1847. — Donders an den angeführten Orten.

tendes Sinken der Spannung zu Stande kommt. Jeder neue Herzschlag trifft also eine höhere Spannung an, als der vorhergehende. Mit Vollendung der Exspirationsbewegung (*R*), wenn der verengte Thorax zu seiner normalen Weite zurückkehrt, tritt nun plötzlich eine lange Herzpause ein, während welcher die Spannung sehr be-

Fig. 46

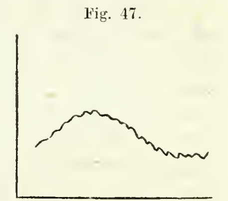
beträchtlich herabsinkt; auf diese folgen dann die Herzschläge seltener. In der darauf eintretenden Inspiration (*I*) ereignet es sich nun, dass während jeder Herzsystole die Spannung weniger steigt, als sie in der zugehörigen Diastole sinkt, so dass jeder folgende Herzschlag die Spannung auf einem niederen Grade antrifft, als der vorhergehende. — Um eine Vorstellung davon zu erhalten, wie sich der Mitteldruck von einem Herzschlage zum andern in einer vollendeten Respirationsbewegung ändert, ist es nothwendig, die Curve *M M* aus der unmittelbar gewonnenen dadurch zu construiren, dass man aus den während einer Herzzusammenziehung bestehenden Spannungen das Mittel nimmt, diese mittleren Werthe auf die halbe Zeit zwischen Anfang und Ende der Herzbewegung aufträgt und darauf die Punkte durch eine Linie verbindet.

Diese Werthänderungen der mittleren Spannung hängen nachweisslich von zwei Umständen ab, einmal von den Herzkräften und dann von dem Spannungszuwachse, welchen das Blut in der Brusthöhle durch die Bewegungen der Brustwandungen erhält. Der Beweis für die Behauptung, dass den Bewegungen der Brustwandung ein Antheil an den Veränderungen der mittleren Spannung zugeschrieben werden müsse, liegt schon darin, dass eine Proportionalität besteht zwischen den Spannungsveränderungen des Inhalts der Brust und der Arterien; denn erfahrungsgemäss steigt die arterielle Spannungscurve gerade so lange an, als die Exspirationsbewegung anhält, und nicht minder steigt und sinkt dieselbe um so beträchtlicher, je umfänglicher die Aus- oder Einathmung geschieht. — Den Zuwachs, welchen die mittlere Spannung des Bluts während der Dauer einer Ausathmung erfährt, kann man

sich aber nicht allein abhängig denken von dem Druck der zusammenfallenden Brust. Dieses vorausgesetzt, müsste offenbar die Spannung, welche während der Exspiration zwischen Brust und der äussern Fläche der Gefässwand besteht, gleich sein dem Zuwachs der Spannung in den Binnenräumen der Gefässe. Dieses ist aber nicht der Fall; denn eine Messung dieser Spannung in dem verschlossenen Brustkasten ergab, dass diese immer geringer als der Spannungszuwachs in den Arterien war (C. Ludwig). — Die Veränderung in der Zahl der Herzschläge kann bedingt sein entweder von einem erregenden Einfluss, welchen der zusammenfallende Brustraum auf das ausgedehnte Herz übt, oder von Erregungen des n. vagus. Die Annahme, dass der zuletzt erwähnte Nerv hierbei im Spiel sei, wird durch die Thatsachen des folgenden Satzes bestätigt.

β. Jeder einzelne Akt einer Athembewegung besitzt die Dauer mehrerer Herzschläge, die Zahl der letzteren ist eine beschleunigte. Diesen Fall kann man künstlich erzeugen, wenn man die n. vagi durchschneidet. Die Erscheinungen, welche in Fig. 47. dargestellt sind, unterscheiden sich von den vorhergehenden dadurch, dass die Dauer und die Intensität der einzelnen Herzschläge in der Ausathmung von denen in der Einathmung nicht abweichen; der Spannungszuwachs ist somit nur abhängig von dem Druck der Brustwandung, was die direkten Messungen bestätigen.

Fig. 47.



γ. Die Athem- und Herzbewegungen sind ungefähr gleich an Zahl; bei dieser Combination sind an der arteriellen Spannungscurve die einzelnen Phasen der Athembewegung nicht mehr zu erkennen, obwohl ihr Einfluss offenbar noch vorhanden sein muss.

Pferd. Bei diesem Thiere gestalten sich die Erscheinungen darum sehr viel einfacher, weil die regelmässige Wiederkehr des Herzschlags durch die Bedingungen, welche die Athembewegungen einleiten, nicht wesentlich beeinträchtigt wird. Es beziehen sich demnach die durch die letzteren erzeugten Veränderungen in der arteriellen Spannungscurve nur auf eine Steigerung oder Minderung der durch die Herzkräfte erzeugten Drücke, so dass während der Herzpause die Spannung beträchtlich abnimmt, wenn sie sich zu einer Inspirationsbewegung gesellt, während keine oder nur eine

geringe Abnahme bemerklich ist, wenn eine Herzpause und eine Exspirationsbewegung zusammentreffen. Das Umgekehrte aber gilt von dem Steigen während der Herzzusammenziehung. — Diese Alteration der arteriellen Spannungscurve ist nun aber bemerkenswerther Weise nur dann wahrzunehmen, wenn die Herzzusammenziehungen wenig umfangreich sind und rasch aufeinander folgen und zugleich die Athembewegungen sehr intensiv werden. Im andern Falle ist ein Einfluss der Bewegungen der Brustwandung nicht bemerklich.

Mensch. Bei ruhigem ungehemmtem Athmen sind die am Puls zu beobachtenden Aenderungen, wenn sie vorkommen, was aber nicht immer geschieht, so geringfügig, dass sie nur der schreibende Fühlhebel darthun kann. Sie beziehen sich auf die Pulsdauer (die Geschwindigkeit der Pulsfolge), auf die Pulsschnelle (das Verhältniss zwischen Ausdehnungs- und Verengerungszeit des Gefässes), und auf die Pulsgrösse (Durchmesseränderung). — Verändert sich die Pulsfolge, so beschleunigt sie sich in der beginnenden Exspiration am meisten, während sich mit der beginnenden Inspiration das Gegentheil ereignet, und es fallen die Unterschiede bei langsamer Athemfolge mehr in das Auge als bei rascherer. In den extremsten Fällen ist die kürzeste exspiratorische Pulsdauer 97, wenn die längste inspiratorische 100 ist. — Erleidet die Ausdehnungsgeschwindigkeit des Pulses eine Aenderung, so geschieht dieses immer so, dass sie in der ersten Hälfte der Exspiration am grössten und in der gleichen Hälfte der Inspirationsdauer am geringsten ist. Benutzt man als Maass der Pulsschnelle den Bruch, der aus der Division der Ausdehnungszeit in die Verengerungszeit der Arterie hervorgeht, so verhalten sich die beobachteten Extreme der Pulsschnelle wie 1,00: 1,05 — Was endlich die Umfangsänderung des Pulses anlangt, so ist sie in der Inspiration grösser als in der Exspiration. Diese von Vierordt*) hingestellten Thatsachen sind, soweit eine Vergleichung zulässig ist, in voller Uebereinstimmung mit den am Hund beobachteten. — Bei sehr tiefer und angehaltener Athmung stellen sich die Erscheinungen nach den Erfahrungen und Erörterungen von Donders und Ed. Weber merklich anders. — Bei sehr tiefer Inspiration wird der Puls langsamer und weniger fühl-

*) Die Lehre vom Arterienpuls. Braunschweig 1855. p. 190.

bar, indem häufig der Herzschlag so schwach wird, dass man seine Töne mittelst des aufgelegten Ohrs nicht mehr zu hören vermag. Diese Erscheinungsreihe wird beobachtet, gleichgültig, ob Mund und Nase während der Erweiterung des Brustkorbs geschlossen oder geöffnet war. — Geht nun eine Inspiration in eine Exspiration über, so wird der Pulsschlag schneller und voller, vorausgesetzt, dass aus dem verengten Brustkorb die Luft entweichen konnte. Schliesst man dagegen nach einer tiefen Inspiration Mund und Nase, und presst dann die Luft in der Brusthöhle mittelst einer Exspirationsbewegung zusammen, ohne dass sie entweichen kann, so wird der Puls zwar ebenfalls schneller, aber die Herzschläge werden dabei so schwach, dass bei vielen Individuen Puls und Herztöne gänzlich zum Verschwinden kommen. Der innere Zusammenhang, der den zuletzt mitgetheilten Thatsachen gemäss zwischen Athem- und Herzbewegungen besteht, ist noch nicht überall klar; so viel scheint jedoch festzustehen, dass er zum grossen Theil bedingt wird durch die veränderten Pressungen, unter welche die Blutbehälter des Brustkastens gesetzt werden. — In der tiefen Inspiration werden die Saugkräfte der Lungen vermehrt; indem sich nun das Herz zusammenzieht, muss der linke Ventritel nicht allein die Gewalt überwinden, mit welcher das in der Aorta gespannte Blut die arterielle Mündung zupresst, sondern auch noch den Unterschied des Luftdrucks, welchem die äussern Herzflächen und der Aorteninhalt ausgesetzt sind. Es ist denkbar, dass die Summe dieser beiden Drücke gross genug wird, um die Entleerung des Herzens unmöglich zu machen. — In der Exspiration, und insbesondere wenn die Zusammenziehung des Brustkastens energisch ist, während die Stimmritze geschlossen und die Lungen mit Luft erfüllt sind, wird eine so starke Pressung auf die grossen Körpervenen in dem Brust- und Bauchraum ausgeübt, dass es denjenigen des Bluts in den grossen Kopf- und Extremitätenvenen übertrifft; das Blut wird also aus ihnen nicht mehr nachströmen können, und wenn dann das Herz den Vorrath an Blut, den es in der Brusthöhle findet, erschöpft hat, so wird es bei weiteren Zusammenziehungen kein Blut mehr aus der Brusthöhle entleeren können, so dass dann der Pulsschlag verschwinden muss.

Die Beschleunigung, welche die Herzschläge erfahren, kann man sich abhängig denken zum Theil von den Erregungen, welche das Herz durch das Zusammendrücken des Brustkastens empfängt,

zum Theil aber auch von den Reflexen, welche der n. vagus in Folge der veränderten Erregungsverhältnisse seiner peripheren Enden auslösst. —

d. Der Verschluss*) einer oder mehrerer Arterien ändert, selbst wenn alle andern Strombedingungen dieselben bleiben den Mitteldruck im ganzen Arterienbereich. Im Allgemeinen wird in der unterbundenen Arterie zwischen Herz und der Unterbindungsstelle und ebenso in allen andern nicht unterbundenen Arterien der Wanddruck steigen, während er in der geschlossenen Arterie und ihren Aesten zwischen der Ligatur und Capillarvertheilung abnehmen wird. — Die einfachste Ueberlegung lässt erwarten, dass in der Aorta und ihren Zweigen die Druckvermehrung wachsen werde mit der Zahl und dem Umfang der geschlossenen Arterien d. h. mit der Ausdehnung der verödeten Abzugsröhren. Magendie und Goll haben diese Voraussicht thatsächlich bestätigt; so fand u. A. der Letztere, dass in der Art. carotis des Hundes der Druck von 122 MM. zu 157 MM. aufstieg, als gleichzeitig beiderseits die Carotiden, die Schenkelarterie, die linke Unterschlüsselbeinarterie und die rechte quere Halsarterie unterbunden wurden; nach Lösung aller dieser Ligaturen ging der Druck auf 129 MM. zurück. — Da bestätigende Versuche fehlen, so lässt sich weiterhin nur als wahrscheinlich aussagen, dass der drucksteigernde Einfluss der Unterbindung um so grösser sein wird, je näher der in Beziehung hierauf untersuchte Stromort dem geschlossenen Querschnitt liegt; so dass z. B. nach Unterbindung der Carotis die Spannung in dieser höher gebracht wird als in der andern a. carotis oder gar in der a. cruralis; denn es ist wohl anzunehmen, dass sich der Blutüberschuss welcher der Aorta wegen Verschliessung einer Abzugsröhre verbleibt sich vorzüglich auf die der letztern nahestehenden und noch offen verbliebenen Arterien vertheilt. — Fragen wir noch etwas näher nach der Druckvermehrung, welche im geschlossenen Gefäss vor dem Unterbindungsfaden eintritt, so wird man im Allgemeinen behaupten dürfen, dass sie um so grösser ausfalle, je geschwinder der Strom war, der durch die Unterbindung zum Stillstand gebracht wurde, und je grösser bei noch bestehendem Strom der Druckunterschied zwischen dem nun unterbundenen Gefäss und demjenigen ist, aus welchem es gespeist wurde. Die erste Position gilt darum, weil sich in der

*) Spengler, Müller's Archiv, 1844. — Volkmann, l. c. p. 446. — Goll, l. c. p. 94.

Unterbindung die Kraft, welche sich bis dahin in Geschwindigkeit äusserte, in Spannung umsetzt, und die andere desshalb, weil das unterbundene Gefäss ein todter Anhang der nächst höhergelegenen wird, so dass seine Spannung nun gleich wird dem in dem ersteren Gefäss vorhandenen Seitendruck. Die bis dahin vorliegenden Beobachtungen machten es wahrscheinlich, dass die Unterbindung in kleineren Arterien eine beträchtlichere Drucksteigerung hervorbrächten als in grösseren; weil man nämlich voraussetzen muste, dass der Druckunterschied zwischen dem Strom in einer Arterie erster und zweiter Ordnung geringer sei, als zwischen dem in Arterien zweiter und dritter, dritter und vierter u. s. w. und weil der geringe aus der Geschwindigkeitsunterdrückung hervorgehende Spannungszuwachs überhaupt der Messung nicht mehr zugänglich sei. Den thatsächlichen Beweis für diese Unterstellung fand man darin, dass kleine Arterien, wenn sie durch Schnürfaden oder Blutpfröpfe verstopft waren viel lebhafter als früher pulsirten, während Spengler ausgesagt hatte, dass der Mitteldruck in dem Herzende der Carotis sich nicht änderte, mochte sie unterbunden oder offen sein. Diese letztere Angabe scheint aber auf der mangelhaften noch ohne Schreibschwimmer ausgeführten Manometerbeobachtung zu beruhen, da der Druckzeichner jedesmal angiebt, dass die Spannung merklich steigt, wenn man die bis dahin offene Carotis gegen die Capillaren hin abschliesst. In einer von W. Müller und mir gemeinsam ausgeführten Beobachtung stieg der Mitteldruck der Carotis des Hundes beim Schliessen von 105 MM. auf 128 MM. und bei demselben Hund ein anderes Mal von 115 MM. auf 131, also um 23 resp. 16 MM. Bei einem zweiten Hund änderte sich unter denselben Bedingungen der Mitteldruck von 124 MM. auf 135, also um 11 MM. Dieses Resultat ist in der That so constant und auffällig, dass ich seit mehren Jahren den Versuch unter die in der Vorlesung aufzeigbaren aufgenommen habe. Die Entscheidung der obigen Alternative muss also einstweilen dahingestellt bleiben. —

Im Gegensatz zum bisherigen nimmt dagegen der Druck unterhalb der Unterbindungsstelle, d. h. zwischen dieser und den Capillaren ab. Diese Druckminderung wird abhängen von dem Spannungswerth, welchen der Strom in dem Gefäss vor der Unterbindung besass, und von dem Querschnitt und der Spannung der arteriellen Strömungen, welche unterhalb der Unterbindung aus dem noch wegsamen in den verödeten Bezirk führen. Ein gutes

Beispiel für dieses Vorkommen liefert das Schlagaderwerk des Kopfes, welches aus den beiden Carotiden und einem Antheil der Subclavien gespeist wird. Aus einer mit W. Müller angestellten Versuchsweise führe ich an, dass: der Seitendruck in der a. carotis des Hundes vor der Unterbindung 108 MM. betrug, unmittelbar nach Anbringung der Ligatur in einem dem Herzen näher gelegenen Ort sank der Druck auf 88 MM. und nach Unterbindung der entgegengesetzten Carotis auf 78 MM. — Bei einem andern Hund ergab sich: Seitendruck der wegsamen Carotis = 120 MM., nach Unterbindung des Herzendes derselben = 76; nach Schliessung der entgegengesetzten carotis = 71 MM. Unterbindet man nach Schliessung einer oder beider Carotiden der Reihe nach noch die Aeste, welche aus der Carotis hervorgehen, deren Druck beobachtet wurde, so steigt nach der Ligatur der einen der Druck wieder an und nach der der andern mindert er sich wieder. Dieser Gegensatz kann wohl nur dadurch bedingt sein, dass die Aeste, deren Verschluss das Steigen im Carotidenstumpf erzeugt, vorzugsweise Blut nach den Capillaren hin abführen, während die sich entgegengesetzt verhaltenden überwiegend Verbindungszweige mit den lebendigern Stromarmen sind.

e. Veränderlichkeit des Mitteldrucks mit der Entfernung des Arterienquerschnitts vom Herzen*). Die Versuche, durch welche man festzustellen sucht, welche Spannungen gleichzeitig in verschiedenen Arterien bestehen, gehören zu den schwierigern; nach eigenen vielfachen Erfahrungen ist nur denjenigen Resultaten ein Werth beizulegen, welche mittels des Druckzeichners gewonnen sind, und, wie sich von selbst versteht, nur denjenigen, bei welchen die untersuchten Arterien in gleichem Niveau gelegen sind, so dass die von der Schwere des Bluts herrührenden Spannungsungleichheiten als eliminirt anzusehen sind. Die unter diesen Bedingungen gewonnenen Erfahrungen sind noch sehr wenig zahlreich. — Aus ihnen scheint aber mit Sicherheit hervorzugehen, dass in den grossen Arterien mit der wachsenden Entfernung vom Herzen die Spannung sehr wenig abnimmt, während in den Arterien kleinen Kalibers dieselbe sehr merklich abnimmt im Vergleich zu der in den grössern. Insbesondere ist festgestellt, dass die Spannung in der art. cruralis trotz ihrer beträchtlichen Entfernung vom Herzen doch eben so gross ist, als in

---

*) C. Ludwig, l. c. p. 224 und 300. — Volkmann, Haemodynamik. p. 173 u. f.

der art. carotis. Die Erläuterung dieser Erscheinung hat keine Schwierigkeit, wenn man erwägt, dass der Strom in den Arterien weder sehr rasch ist, noch auch, dass die Stösse und die Reibungen in der Aorta bis zur art. cruralis hin sehr beträchtlich sind. In Anbetracht der Thatsache, dass das Blutgefässwerk ein sehr verwickeltes Zweigsystem darstellt, lässt es sich sogar denken, dass der Druck in der Cruralis noch höher als in der Carotis sei, wie dieses in der That wiederholt beobachtet wurde. In den kleinen Arterien findet sich dagegen nach Volkmann die Spannung constant sehr viel niedriger als in den grössern; aber auch hier fällt sie keineswegs in dem Maasse, in welchem der Abstand des Gefässes vom Herzen zunimmt. Beispielsweise führen wir an, dass bei einem Kalb der Mitteldruck in der a. carotis 165,5 MM. und gleichzeitig in der a. metatarsi 146 MM. Quecksilber betrug.

f. Ueber die Ergebnisse des Pulsfühlens. Ein geübter Beobachter soll mit dem Finger ausser der Häufigkeit der Wiederkehr an dem Puls unterscheiden: ob er rasch oder allmählig anschwillt (p. celer und tardus); wie weit dabei die Arterie ausgedehnt sei (plenus und vacuus) und in welchem Grade von mittlerer Spannung sich hierbei das Gefäss befindet (p. mollis und durus). Wenn der Arzt das Zugeständniss macht, dass selbst ein sehr feiner Finger nur grobe Unterschiede feststellen kann, so wird derjenige, welcher den Strom mit scharfen Mitteln zu messen gewöhnt ist, in der That nichts einwenden gegen die Glaubwürdigkeit der Behauptung; um so weniger, weil die obigen Angaben Bezeichnungen wirklich vorkommender Zustände enthalten. — Denn celer oder tardus kann der Puls werden, wie die Curven des Druckzeichners darthun; der ansteigende oder absteigende Curvenast braucht zu einer gleichen Erhebung oder Senkung oft sehr verschiedene Zeit. Der Puls muss aber darum celer oder tardus werden können, weil z. B. das Herz erfahrungsgemäss einen gleichen Umfang der Verkürzung zu verschiedenen Zeiten in ungleich langen Zeiten durchläuft. — Dass die pulsirende Arterie bald gefüllt und bald leer sein kann, versteht sich nach einer ganzen Reihe von Mittheilungen über den Puls von selbst. Dass aber die Arterien in gefülltem Zustande auch weich und im leeren auch hart sein können, lässt sich nicht bestreiten, weil der Spannungsgrad, abgesehen von der Füllung, auch abhängig ist von dem Elastizitätscoëffizienten der Wandung, so dass, wenn die Gefäss-

wandung schon an und für sich steif ist, auch die wenig gefüllte Arterie sich sehr hart anfühlen kann.

Der Pulshebel von Vierordt*) hat unser empirisches Wissen über den Puls beträchtlich bereichert; er lieferte darüber Nachweise, 1) dass unter scheinbar gleichen Verhältnissen die Dauer der einzelnen unmittelbar aufeinander folgenden Schläge eine merklich ungleiche sein kann; 2) dass das Verhältniss zwischen der Ausdehnungs- und Zusammenziehungszeit zweier Pulse wesentlich von einander abweichen kann, selbst wenn ihre Gesammtdauer dieselbe war; 3) dass er annähernd das Gesetz entwickelte, nach welchem sich die Ausdehnung sowohl wie die Zusammenziehung der Arterienwand mit der wachsenden Zeit ändert. Endlich lehrte er 4) auch Beziehungen kennen zwischen der Dauer der Celerität und dem Wachsthumsgesetz des Pulses, worüber die Abhandlung von Vierordt nachzusehen.

Aus Vierordts Werk haben wir folgende den Gesunden betreffende Zahlen: Setzt man die Dauer des kürzesten Pulses = 1, so ist die des längsten im Mittel zu 1,37, in den Extremen zu 1,17 und zu 1,62 gefunden worden. In einer jeden vom Pulshebel geschriebenen Curve liegen Unregelmässigkeiten der Pulse vor; sie scheinen aber bei raschem Puls, z. B. nach Tisch, sich in engere Grenzen einzuschliessen, als bei langsamem Puls. — Die Vergleichung aller Erweiterungszeiten und andererseits aller Verengerungszeiten einer Pulsreihe unter einander ergiebt, dass die ersten grösseren Unregelmässigkeiten unterworfen sind als die letzteren. — Die relative Schlagfertigkeit des Pulses (Celeritas) drückt Vierordt so aus, dass er die Erweiterungszeit immer = 100 setzt, also drückt er die Variation der relativen Geschwindigkeit, mit welcher die Erweiterung vollendet wird, durch die Veränderung der Verengungszeit aus, woraus folgt, dass mit der wachsenden Verhältnisszahl die relative Erweiterungsgeschwindigkeit zunimmt. Verfolgt man nun die Resultate, so stellt sich heraus, dass im Allgemeinen die Erweiterungszeit kürzer dauert als die Verkürzungszeit, dass aber auch das umgekehrte Verhältniss eintreten kann. Die Mittelzahl für die Schlagfertigkeit ist 106; ihre Grenzen liegen von 86 bis 143; während der Verdauung und des angestrengten Athmens ist die relative Pulsschnelle am grössten. Je kürzer die ganze Pulsdauer, um so grösser ist auch die relative Schnellkraft des Pulses, d. h. es nimmt bei rascher Pulsfolge die Dauer der Verengung weniger ab als die der Erweiterung. Vierordt theilt die Erweiterungs- und Verengerungszeiten der Pulse (die Abszissen der Curven) in je 5 Theile und misst den positiven oder negativen Durchmesserzuwachs der Arterien in einem solchen Zeitraum. Die hier gefundenen Werthe zeigen, dass die positive und negative Ausdehnungsgeschwindigkeit bis zu jenen 3 Zeiträumen wächst, dann aber abnimmt. — In diesem letzten Gebiet dürfte der Sphygmograph an die Grenze seiner Leistungsfähigkeit gelangt sein.

g. Ueber die zeitliche Abhängigkeit der Herz- und Pulsschläge; pulsus dicrotus. Alle Betrachtungen, die wir

*) Die Lehre vom Arterienpuls. Braunschweig 1855.

bis dahin anstellten, führten darauf, dass in bestimmten Zeitabschnitten die grössern Arterien mindestens so vielmal pulsiren müssen, als während derselben das Herz geschlagen hat. Diese Behauptung wird so sehr durch die Erfahrung bestätigt, dass Alles, was früher über die Schlagfolge des Herzens angemerkt ist, auch für die Pulsfolge der Arterien gilt. Diese Behauptung schliesst aber die Möglichkeit nicht aus, dass auf einen Herzschlag mehrere Pulsschläge fallen, eine Möglichkeit, die erfahrungsgemäss besteht, indem sehr häufig bei einzelnen Thieren (z. B. beim Pferd) und zuweilen wenigstens beim Menschen auf je einen Herzschlag zwei Pulsschläge beobachtet werden, von denen der eine gewöhnlich weniger kräftig und kürzer dauernd ist, als der andere. Diese Erscheinung ist unter dem Namen des pulsus dicrotus berühmt. — Diejenigen Eigenthümlichkeiten dieses Doppelschlags, welche bekannt sein müssten, wenn der Mechanismus ihres Zustandekommens erklärt werden sollte, sind leider noch nicht beobachtet. Es bleibt also nichts übrig, als einige Möglichkeiten zu erörtern und daraus abzuleiten, auf welche Eigenthümlichkeiten sich künftighin die Aufmerksamkeit zu richten hat.

Mit Hilfe des Apparats, der Seite 72 abgebildet wurde, lassen sich für eine Hahnöffnung auf verschiedene Weise Doppelschläge in dem pulsirenden Rohr hervorbringen. 1) Die zweite Erhebung des Doppelschlags ist die Folge der elastischen Nachwirkung des ersten. Diese Nachschwingung ereignet sich jedesmal in einer ausgeprägten Weise, wenn man den Wasserbehälter bis zu der Höhe von ungefähr 1 Meter mit Wasser gefüllt, das elastische Rohr und den Wasserbehälter mittelst eines Hahns von weiter Oeffnung in Verbindung gebracht und diesen letzteren sehr rasch geöffnet hat. Der Lehre von der Erhaltung der lebendigen Kräfte und der Trägheit gemäss muss die Flüssigkeit in der Schlauchwelle zu einer höhern Spannung als in dem Wasserbehälter gelangen. In Folge hiervon wird sich die Schlauchwand mit einer grossen Geschwindigkeit ausdehnen und ebenso rasch wieder zusammenfallen; wenn nun die Schlauchwand nach der einen Seite hin vermöge der Beharrung sich über den Grad von Ausdehnung spannte, der ihr vermöge des Drucks aus dem Wasserbehälter her zukam, so fällt sie auch bei dem Rückgang aus dieser Spannung beträchtlicher zusammen, als es ihr, ohne die grosse Geschwindigkeit ihrer Bewegung, die Widerstände der umliegenden Wandtheile möglich machen würden. Hat sich aber die Geschwindigkeit eben in Folge dieser Widerstände erschöpft, so wird sie durch die Spannung der Umgebung nun wieder aufwärts getrieben; dann erst entleert sich das Röhrenstück, vorausgesetzt, dass der Hahn geschlossen bleibt, allmählig. Der zweite Schlag ist also jedesmal weniger energisch, als der erste. — Würde nach Analogie dieses Vorgangs der pulsus dicrotus auftreten, so müssten: die Herzschläge nicht allzurasch einander folgen, damit sich die Arterie während der Herzpause bedeutend abspannen könnte, so dass die Bewegung der Arterienwand vom Beginn bis zum Ende des Herzschlags eine grosse Geschwindigkeit zu erlangen vermöchte; die Herzzusammenziehung selbst müsste aber sehr umfänglich und dabei rasch vollendet sein; der zweite Schlag müsste dem ersten an Kraft nach-

stehen und in den vom Herzen entfernteren Arterienstücken schwächer als in den ihm näheren gefühlt werden. — 2) In dem elastischen Rohr erfolgt ein Doppelschlag, wenn die Geschwindigkeit, mit welcher der Hahn geöffnet wird, eine ungleichförmige ist. Also z. B. wenn man die erste Hälfte der Hahnmündung geschwind öffnet, dann sehr kurze Zeit langsamer weiter dreht und darauf zur frühern Umdrehungsgeschwindigkeit zurück kehrt. In Folge dieser Art zu drehen, steigt die Spannung in dem Röhrenumfang in kurzer Zeit zuerst sehr bedeutend, dann vermindert sich die Plötzlichkeit derselben, um beim letzten Akt der Hahndrehung wieder rasch zu steigen. Damit erhält der Schlauchpuls eine fühlbare Einbiegung, die unter günstigen Umständen einen deutlichen Doppelschlag zum Vorschein bringt. — Wenn sich im menschlichen Kreislauf dieses ereignen sollte, so müsste die Zusammenziehung der Kammern mit einer während ihrer Dauer variablen Geschwindigkeit erfolgen; die Erscheinung würde wahrscheinlich sehr deutlich hervortreten. Man würde auf diesen Mechanismus des pulsus dicrotus schliessen dürfen, wenn der erste Schlag desselben die Arterien zu einer geringern Spannung führte, als der zweite, so dass er gleichsam als ein Vorschlag des ersten erschien. Eine Bestätigung für die Annahme, dass der pulsus dicrotus auf diese Weise erzeugt sei, würde darin liegen, dass der erste Herzton, der durch die Zusammenziehung der Kammern ensteht, sehr anhaltend und mit schwankender Intensität gehört würde. — 3) Endlich kann man durch Wellenreflexion einen Doppelschlag hervorbringen, vorausgesetzt nämlich, dass man in das Rohr einen Widerstand, z. B. einen das Lumen desselben zum grossen Theil erfüllenden und zugleich feststehenden Körper einfügt, der die Bergwellen zurückzuwerfen vermag. Auch in diesem Fall ist der zweite Schlag schwächer, als der erste, er folgt aber diesem um so rascher, je näher das Röhrenstück an dem reflektirenden Widerstand liegt. Durch diese letztere Eigenschaft, durch den Nachweis des reflektirenden Widerstandes, und schliesslich dadurch, dass der pulsus dicrotus nur einzelnen, nicht aber allen Arterien zukäme, würde sich im Leben diese Art von Entstehung eines Doppelpulses erkennen lassen. — Volkmann *) hat die unter den Bedingungen 1) und 2) entstehenden Doppelschläge vermuthungsweise abgeleitet aus Interferenzen zweier ungleich rasch fortgepflanzter Wellensysteme, deren Vorhandensein er im Schlauche statuirte. Der eine von diesen Wellenzügen sollte in der Schlauchwand, der andere in der Flüssigkeit fortschreiten. Abgesehen davon, dass überhaupt kein Grund zur Annahme gesonderter Wellensysteme vorliegt, bleibt dieselbe immer noch die Erklärung dafür schuldig, warum nur unter den geschilderten Bedingungen die Welle des Schlauchs und der Flüssigkeit unabhängig von einander werden. — Die älteren Pathologen, welche der Ansicht zuneigten, dass die Muskeln der Gefässwand sich ebenso rythmisch contrahirten, wie die des Herzens, erklärten den pulsus dicrotus aus einem eigenthümlichen Rythmus der Gefässbewegung. Diese Annahme bedarf keiner Widerlegung mehr, seitdem die Bewegungen, welche in der arteriellen Gefässwand vorkommen können, genauer untersucht worden sind. —

2. Mittelzahlen für die Spannung des Bluts in den grössern Arterien**). Aus zahlreichen Beobachtungen, welche sich meist auf eine minutenlange Beobachtungszeit beziehen, geht hervor, dass der Mitteldruck schwankte beim

*) Haemodynamik. 118 u. f.

**) Volkmann, l. c. p. 177. — Beutner, Henle und Pfeufer's Zeitschrift. Neue Folge. II. Band.

Pferd zwischen 321 bis 110 MM. Hg., beim Schaaf zwischen 206 bis 98 MM., beim Hund von 172 bis 88 MM. Hg., bei der Katze von 150 bis 71 MM. Hg, beim Kaninchen von 90 bis 50 MM. Hg.*). — Diese Erfahrungen lehren, dass zwar im Allgemeinen die Grösse des Thiers und der mittlere Blutdruck in der a. carotis abnehmen, aber keineswegs so, dass das bei einer kleinern Thierart beobachtete Maximum unter das bei dem grösseren gefundene Minimum herabsinkt. Die auf den ersten Blick auffallende Erscheinung, dass Thiere von sehr verschiedener Grösse, wie Katzen und Pferde, einen so annähernd gleichen Blutdruck darbieten, beweist, dass in ihnen die den Blutdruck bestimmenden Umstände: Herzkraft, Blutmenge, Gesammtblut der Arterien, Wandungsdicke im Verhältniss zum Lumen, Widerstände u. s. w. in den Kreislaufsapparaten der einzelnen Thiere jedesmal in der Weise gegeneinander geordnet sind, dass aus ihnen ein annähernd gleicher Werth des mittleren Druckes resultirt.

Es darf nun als wahrscheinlich angenommen werden, dass der absolute Werth des Mitteldrucks in der a. carotis des Menschen ebenfalls in die für die Säugethiere festgestellten Grenzen fällt; indem man dieses anerkennt, wird man aber zugleich die Unmöglichkeit des schon öfter unternommenen Beginnens einsehen, eine für den Menschen allgemein giltige Zahlenangabe zu machen; denn offenbar wird beim Menschen gerade wie in den einzelnen Thiergattungen der Spannungswerth innerhalb sehr weiter Grenzen schwanken können. Um sich unmittelbar von der Richtigkeit jener Voraussetzungen zu überzeugen, führte F a i v r e**) mit Zustimmung der Aerzte des Hôtel-Dieu in Lyon Versuche an drei amputirten Männern aus. Die arter. brachialis eines hinfälligen Alten von 60 Jahren und die a. femoral. eines muskelkräftigen Mannes von 30 Jahren zeigen übereinstimmend einen ungefähren Mitteldruck von 120 MM. mit Respirationsschwankungen von 10 bis 20 MM. u. Herzschwankungen von 2 bis 3 MM. — An der Armarterie eines 23jährigen durch tumor albus herabgekommenen Mannes erhob sich die Säule auf etwa 110 MM. Wie gross der Blutverlust vor der Einfügung des Instrumentes gewesen, ob,

*) Dem weniger Geübten wird der beträchtliche Werth der Drücke, um die es sich handelt, vielleicht lebhafter werden, wenn er sich den Quecksilber- in den Wasserdruck übersetzt, was in jedem Fall geschieht, wenn er die obigen Zahlen mit 13,5 MM. multiplizirt.

**) Gazette médicale 1856 p. 727. u. f.

wie doch wahrscheinlich, Chloroformnarkose verhanden gewesen, ist nicht angegeben.

Ueber Spannungsminderungen nach dem Einführen von Arzneistoffen (Neutralsalzen, Digitalin, Chloroform, Brechweinstein) geben die schon erwähnten Arbeiten von Blake, Brunner und Lenz Aufschluss.

Spannung in den Haargefässen.

Ihre durch Gesicht und Gefühl bestimmbare Ausdehnung, oder, was dasselbe sagt, die Spannung ihres Inhalts in ein und derselben Provinz wechselt mit dem Blutdruck in den Arterien und Venen, mit dem Durchmesser der Arterien und Venen und namentlich der zu- und abführenden, mit der Widerstandsfähigkeit und den Bewegungen der sie umschliessenden Gewebe. Dem entsprechend strömt wahrscheinlich für gewöhnlich das Blut in den verschiedenen Abtheilungen des Capillarsystems unter verschiedenen Spannungen.

a. Wenn die Spannung in den Arterien steigt, so ist damit zugleich die Kraft gewachsen, welche den Einfluss in die Capillaren bestimmt, und damit nach bekannten Grundsätzen die Spannung des Bluts in diesen selbst. Bestätigungen hierfür finden wir an leicht ausdehnbaren Gefässregionen; so dehnen sie sich aus, d. h. die von ihnen versorgten Hautstücke röthen sich, wenn das Herz rascher und intensiver schlägt, oder wenn in anderen als den zuführenden Arterien der Strom unterbrochen ist; nach einem Aderlass dagegen werden die Capillarprovinzen blass u. s. w. — Gestützt auf die Theorie, dürfen wir vermuthen, dass die Spannung in den Capillaren nicht direkt proportional mit derjenigen in den grösseren Arterien steige, sondern immer weit hinter derselben zurückbleibe. Denn wenn in Folge eines Spannungszuwachses in den Arterien das Einströmen in die Capillaren auch beschleunigt wird, so kann dieses doch nicht in dem Maasse geschehen, in dem der Druck gestiegen ist, da in den engen und gebogenen Zuleitungsröhren (den feinsten Arterien) der Widerstand mit der steigenden Stromgeschwindigkeit ungeheuer wächst.

b. Steigt dagegen die Spannung in den Venen, so muss in demselben Verhältniss auch diejenige in den Capillaren wachsen, welche die betreffenden Venen als Abflussröhren benutzen. Dieses ist sogleich einleuchtend für den Fall, dass alle Venen, die den Abfluss aus einem Capillarengau besorgen, verstopft sind, denn dann werden offenbar die Capillaren ein blindes Anhängsel an den

zuführenden Arterien darstellen und es muss darum hier die Spannung so hoch steigen, als sie in der Arterie selbst steht. Da wir nun aus der Theorie schliessen dürfen, dass im normalen Zustand in den Capillaren die Spannung eine viel niedrigere sei, als selbst in den letzten Arterienästen, so muss unter den bezeichneten Umständen die Spannung in den erstern sehr beträchtlich anwachsen. In vollkommener Uebereinstimmung hiermit sehen wir denn auch, dass, wenn einigermaassen beträchtliche Hemmungen in den abführenden Venen eines Capillarensystems eintreten, die Spannung in diesem ungemein ansteigt; so schwellen z. B. die Finger nach Umlegung einer Ligatur um dieselben sehr beträchtlich an.

c. Mit der Verengerung des Durchmessers der kleinen in das Capillarensystem führenden Arterien muss unzweifelhaft die Spannung in den erstern niedriger werden, weil unter diesen Umständen die in dasselbe strömende Blutmasse abnimmt; der Grund hierfür liegt in der bekannten Thatsache, dass eine strömende Flüssigkeit beim Durchgang durch enge Röhren an ihren lebendigen Kräften mehr einbüsst, als beim Fliessen durch weite. Diese theoretische Folgerung hat man gewöhnlich bestritten unter Anführung der ebenfalls feststehenden Beobachtung, dass, wenn man innerhalb eines Röhrensystems statt eines vorher vorhandenen weiten Stückes ein enges einfügt, während man die Kräfte, welche die Flüssigkeit in den Anfang des Röhrensystems eintreiben, unverändert erhält, in dem engen Stück die Flüssigkeit nun geschwinder fliesst. Die obige Behauptung steht aber in gar keinem Widerspruch mit dieser letzten Thatsache; denn die aus dem engen Stück hervortretende Flüssigkeitsmenge ist ein Produkt aus dem Querschnitt der Röhre in die Geschwindigkeit des in ihnen vorgehenden Stroms, und sie behauptet darum nur, dass die Geschwindigkeit nicht in dem Maasse steigt, wie der Röhrenquerschnitt abnahm, eine Annahme, welche durch die hydraulischen Untersuchungen als vollkommen feststehend anzusehen ist. — Hieraus müsste man nun folgern, dass, wenn eine Verengerung in den kleinen Arterien einträte, die zu ihnen gehörigen Capillaren leerer und die von ihnen durchsetzten Gewebe somit blasser werden müssten. Dieser Erfolg würde unmöglich ausbleiben können, wenn das Blut statt eines Gemenges aus flüssigen und festen Stoffen von ungleicher Eigenschwere eine homogene Flüssigkeit darstellte. Bei der berührten mechanischen Zusammensetzung kann aber eine

verminderte Spannung, selbst wenn sich die Zuflussröhren verengert haben, nur kurze Zeit bestehen, und zwar bis zu einem gewissen Grad um so kürzere Zeit, je beträchtlicher die kleinen Arterien verengert sind. Denn in dem langsamen Strom, der dann durch das Capillarsystem geht, müssen sich die schweren Blutkörperchen anhäufen und zusammendrängen, also muss wegen des gesteigerten Widerstandes die Spannung wieder steigen. Diese Folgerung ist zuerst von Brücke*) gezogen worden, obwohl schon Poiseuille**) den Hergang mit dem Mikroskop beobachtet hat, als er künstlich den Zufluss in ein Capillarsystem minderte.

Mit der Erweiterung der kleinen Arterien muss dagegen die Spannung des Bluts der Capillaren zunehmen, da hiermit sich die Menge der in sie einströmenden Flüssigkeit mehrt. Diese Steigerung der Spannung scheint beträchtlich werden zu können, wie man dieses z. B. nach Durchschneidung der Gefässnerven sieht. — Verbinden sich Arterienerweiterungen und ein kräftiger Herzschlag, wie dieses bei Uebernährung des Herzens beobachtet wird, so ereignet es sich zuweilen, dass sich der Pulsschlag noch bis in die Capillaren fortsetzt, so dass jedesmal unmittelbar nach einer Herzzusammenziehung eine vermehrte Röthung derjenigen Hautstellen eintritt, in welche sich die Capillaren mit erweiterten Zuflussröhren begeben.

Die Erscheinungen werden sich nun, wie ohne weiteres klar sein wird, gerade in umgekehrter Weise einfinden müssen, wenn sich die kleinen Venen, in die die Capillaren übergehen, verengern oder erweitern; denn offenbar wird in dem erstern Fall der Abfluss beschränkt, in dem letztern begünstigt und somit die Spannung in dem einen steigen, in dem andern aber sinken müssen.

Bei den wichtigen Folgen, die eine veränderte Spannung des Bluts in den Capillaren für die Absonderungserscheinungen und den Wärmeverlust mit sich führt, ist es von Bedeutung, dass gerade die den Capillaren zunächst gelegenen Arterien und Venen mit Muskelfasern begabt sind, mit deren Zusammenziehung und Erschlaffung der Durchmesser dieser Gefässe beträchtlichen Schwankungen unterworfen ist; hierdurch ist ein regulatorischer Apparat gegeben, der den Stromlauf in der einen oder andern

*) Ueber die Mechanik des Entzündungsprozesses. Archiv f. physiolog. Heilkunde. IX. Bd. 493.

**) Recherches sur les causes du mouvement du sang dans les vaisseaux capillaires. Paris. 1835.

Capillarenabtheilung bis zu einem gewissen Grade unabhängig von allen übrigen erhalten kann; und in Wirklichkeit deuten viele Erscheinungen, die p. 111 bis 115 schon erwähnt wurden, darauf hin, dass er diese Aufgabe auch erfüllt.

d. Die steigende oder abnehmende Widerstandsfähigkeit der Gewebe, in welchen die Capillaren verlaufen, ändert nothwendig den Durchmesser ihres Querschnitts und dem entsprechend nach bekannten Grundsätzen ihren Strom. Beispiele für dieses Verhalten liefert die Gänsehaut, Verlust der Epidermis, Erschlaffungen der Haut, Wasserergüsse in das Bindegewebe u. s. w.

Die Annahme, dass an den verschiedenen Orten desselben Capillarensystems, und noch mehr, dass in verschiedenen Capillarensystemen die Spannungen wechseln, gründet sich weniger auf messende oder schätzende Versuche am Strom selbst, als auf die Vergleichung der Formen der Capillaren und auf die Anwendung hydraulischer Prinzipien für diese; bei den einzelnen Organen werden wir des genauern hierauf eingehen.

Zu Messungen über den wahren Werth der Spannung des Blutes in den Haargefässen fehlt es bis dahin an einer Methode.

Beobachtete Spannung in den Venen.

Die Spannung in den Venen ist erfahrungsgemäss veränderlich mit der Blutfülle, der mittleren Spannung im arteriellen System und ausserdem noch mit den Herzschlägen, den Respirationsbewegungen, den Bewegungen und Stellungen der Glieder; da aber diese Umstände nicht in jeder Vene sich gleich geltend machen, so werden wir ihre Folgen zunächst in einer derselben, der vena jugularis externa angeben und darauf die Variation der Erscheinung, so weit sie an andern Venen beobachtet ist, folgen lassen. Wir bemerken im Voraus, dass über die Folgen der veränderlichen Blutfülle zu den wiederholt mitgetheilten Bemerkungen nichts Weiteres zuzufügen ist.

Vena jugularis. a. Wenn die vena jugularis sich in mittlerer Fülle befindet und die Herzschläge kräftig sind, so ist an ihr jede Vorhofsbewegung sichtbar, indem die Vene mit der beginnenden Zusammenziehung an- und mit der eintretenden Diastole abschwillt; in allen, selbst in den günstigsten Fällen, ist die sichtbare Veränderung in dem Gefässdurchmesser nicht eben beträchtlich. Weyrich*) fand, dass die Spannungs-

*) De cordis adspiratione experimenta. Dorpat. 1853.

abnahme, welche während der Diastole des Herzens eintritt, höchstens einigen MM. Quecksilber entspricht. Hammernik*) giebt an, dass die Erweiterung der Venen bei der Vorhofszusammenziehung am Halse des Menschen niemals merklich sei, vorausgesetzt, dass die Klappen in den Gefässen hinreichend schliessen.

b. Die analogen Wirkungen der Brustbewegungen treten bedeutsamer hervor, indem die Vene bei kräftiger Exspiration jedesmal deutlich anschwillt, während sie in der vorhergehenden Inspiration ebenso bedeutend zusammenfällt. Das Uebergewicht dieser Schwankungen über die vorhergehenden prägt sich nun auch in dem mit dem Lumen der Venen communizirenden Manometer aus. Es schwankt nemlich bei einer gewöhnlichen Einathmung der Druck um das doppelte und bei einer tiefen Inspiration um mehr als das vierfache von dem, um welches ihn die Herzbewegung veränderte. Schwerlich dürfte es jedoch gelingen, den absoluten Werth der Druckschwankungen zu erhalten, da sie meist in zu rascher Folge wechseln, als dass eine vollständige Ausgleichung der Spannung im Manometer und in der Vene erreicht werden könnte.

c. Die eben erwähnten Wirkungen des Herzschlags und der Athembewegung geschehen offenbar unmittelbar durch die hohlen und ungenannten Venenstämme auf die Drosselvene. Von der anderen Seite her durch die Capillaren und die Venenzweige niederer Ordnung müssen sich dagegen beide Bewegungen geltend machen, insofern sie die Spannung in den Arterien bestimmen. Auf diesem Wege erzeugen sie allerdings ebenfalls Druckveränderungen in dem Blute der Jugularvene, jedoch keineswegs solche, welche zeitlich oder der Grösse nach genau den in den Arterien bedingten entsprechen, so dass man noch die einzelnen Herzschläge und Respirationsbewegungen unterscheiden könnte. Im Allgemeinen ändert sich nur, wenn während längerer Zeit hindurch eine mittlere Spannung in der Arterie constant bleibt, auch diejenige der Vene. Als eine im Wesentlichen richtige Regel kann hier nach den Untersuchungen von Brunner angegeben werden, dass, wenn längere Zeit hindurch die Spannung in den Arterien herabsinkt, sie in der Jugularvene zunimmt und umgekehrt; der absolute Werth, um welchen die Spannung in den Venen hierbei geändert wird, ist immer sehr gering gegen den, um welchen sie in

*) Prager Vierteljahrschrift. 1853. III. Bd. p. 68.

den Arterien schwankt. So wurde z. B. der mittlere Druck in der art. carotis eines Hundes, dessen n. vagi durchschnitten waren, auf 122,4 MM. Quecksilber, der gleichzeitige in der Vene über dem Sternum zu 1 bis 1,9 MM. Quecksilber bestimmt. Als nun die mit den Herzen in Verbindung stehenden Enden der n. vagi ungefähr 30 Sekunden hindurch erregt wurden, so dass in dieser Zeit gar keine Herz- (und auch keine Athem-) Bewegung zu Stande kam, fiel der Druck in der Arterie auf 13,3 MM., in der Vene stieg er aber auf 3,8 MM. Während er also in der Carotis um 109,1 MM. gesunken, hatte er sich in der Vene nur um 2,8 bis 1,9 MM. erhoben. Diese Erscheinung ist daraus erklärlich, dass die Anfüllung des arteriellen Hohlraums nur auf Kosten des venösen geschehen kann und umgekehrt; es muss also, wenn der Druck in dem einen System sinkt, nothwendig im andern ein Steigen eintreten (Ed. Weber). Dieser Verlust der einen Seite kann aber dem Gewinn auf der andern nicht gleich sein, weil das arterielle Gesammtlumen im Vergleich zum venösen enger ist, so dass, was dort eine beträchtliche Quote des Gesammtinhalts darstellt, hier nur als eine geringe betrachtet werden muss, und weil eine Ausdehnung des arteriellen Lumens wegen seiner starken elastischen Wandungen mehr Kraft erfordert, als die dünne Venenwand verbraucht.

d. Die Bewegungen der Muskeln in den Fortsätzen des Rumpfs, dem Hals, Arm u. s. w. bringen eine merkliche Steigerung der Spannung in der Jugularvene hervor; diese ist um so bedeutender, je gefüllter die Venen der bewegten Körpertheile sind, und je rascher und je mehr ihre Lumina durch die Bewegungen zusammengedrückt werden.

Die Spannungserscheinungen in den übrigen Venen. Die mittlere Spannung nimmt in den Venen von den Zweigen gegen die Stämme hin nach Versuchen an Pferden, Kälbern, Ziegen und Hunden ab.

In der Hohlvene des Hundes selbst ist die mittlere Spannung geringer als der Luftdruck gefunden worden (Volkmann, C. Ludwig)*), eine Thatsache, die in vollkommener Uebereinstimmung steht mit der von Donders gegebenen Entwickelung über die Spannung in der Brusthöhle ausserhalb der Lungen (p. 143.); beim Hunde schwankt nach zahlreichen Versuchen der Mitteldruck in der vena jugularis von 2 bis zu 15 MM. Hg, in den venae

*) Haemodynamik. p. 355.

brachialis und cruralis von 10 bis zu 30 MM. Hg Mogk*); Volkmann**) fand ihn in der ven. facialis der Ziege zu 41 MM. Hg und gleichzeitig in der vena jugularis desselben Thiers aber zu 18 MM. Hg.

Die Wellen, welche der Herzschlag von den Vorhöfen her erzeugt, erstrecken sich beobachtungsgemäss niemals weit in die Zweige der obern Hohlader hinein; sie sind z. B. nur in seltenen Fällen bis in die vena axillaris zu verfolgen. — In grösserer Ausdehnung sind aber die von den Brustbewegungen abhängigen Spannungen nachweisslich, namentlich beobachtet man sie noch in den Hirnvenen (Ecker***), Donders)†) und in der vena cruralis, auf welche wahrscheinlich die mit dem Athmen zusammenhängenden Bewegungen der Baucheingeweide vermittelnd wirken. Dass ihre Wirksamkeit sich beim Menschen nicht weniger weit erstreckt, geht daraus hervor, dass die Kopf- und Halsvenen bei tiefer Exspiration anschwellen und bei tiefer Inspiration zusammenfallen. Das Volum des Arms soll ebenfalls bei tiefer Inspiration geringer werden. Hammernik††). — Zusammenpressungen der Venen durch die Muskeln der Glieder, in welchen sich dieselben verbreiten, müssen selbstverständlich vorzugsweise in den Venen der Extremitäten und der Rumpfwandungen vorkommen. Diese Pressungen werden nun offenbar den Röhreninhalt zugleich nach dem Herzen und den Capillaren hintreiben; dieser letzte Weg wird dem Strom aber durch die Klappen abgeschnitten, die in den erwähnten Venen besonders zahlreich vorkommen.

Beobachtete Spannungen innerhalb der kleinen Blutbahn.

1. Die Spannungswerthe des arteriellen Blutes in den Lungen können gemessen werden: a) nachdem der Brustkasten vorher eröffnet ist und der zum Leben nothwendige Luftwechsel in den Lungen durch einen in die Luftröhre eingesetzten Blasebalg (künstliche Athmung) erhalten wird (Beutner)†††), b) Ein Troicart wird durch die sonst unverletzte Brustwandung in die art. pul-

*) Henle und Pfeufer. III. Bd. p. 73.
**) l. c. p. 173.
***) Physiologische Untersuchungen über die Bewegungen des Gehirns etc. Stuttg. 1845.
†) De bewegingen der hersenen. Nederl. lancet 2. Serie. 1850.
††) l. c. p. 57.
†††) Henle's und Pfeufer's Zeitschrift. N. F. II. Bd.

monalis gestochen; nach Entfernung des Stichels wird in die liegengebliebene Scheide der Druckmesser eingesetzt (Chaveau). — c) Durch die vena jugularis dextra schiebt man einen mettallenen Catheter in das ost. venosum des rechten Ventrikels (Faivre*). — d) an einem Thier, dessen Herz in Folge eines Bildungsfehlers vor der Brustwand liegt, konnte das Verbindungsrohr zwischen Blut und Messwerkzeug unmittelbar durch das Herzfleisch in die Ventrikelhöhle gebracht werden (Hering**). — Vermöge der besondern Anwendungsweise des Druckmessers im erstern und letztern Verfahren erhalten wir keinen Aufschluss über die spannenden Wirkungen des Brustkastens, sondern nur über die des Herzens. Nicht minder liegt ausser besondern Fehlern in allen Fällen der Verdacht nahe, dass wesentliche Störungen in der Herzthätigkeit eingeführt werden; darum muss jedesmal gleichzeitig mit dem Druck in den Lungenkreislaufe der in der Carotis bestimmt werden, so dass die Spannungen beider mit einander verglichen werden können.

Als Beutner den Druckmesser gleichzeitig in die artt. pulmonalis und carotis einsetzte, fand er das Verhältniss des Mitteldrucks in der a. pulmonalis zur a. carotis bei Kaninchen wie 1:4, bei Katzen wie 1 : 5, bei Hunden wie 1 : 3. — In diesen Versuchen näherte sich die Spannung in der a. carotis derjenigen sehr an, welche man auch bei uneröffneter Brusthöhle erhält; darum darf angenommen werden, dass mindestens die Herzkräfte keine Schwächung erlitten hatten; dagegen war durch Einsetzung der Canüle in einen grossen Ast der Pulmonalarterie offenbar die Spannung in dieser weit jenseits der normalen Grenzen gesteigert. Demnach kann man wohl, ohne einen zu grossen Fehler zu begehen, behaupten, dass eine über das gewöhnliche Mittel gesteigerte Spannung in der Lungenarterie, so weit diese von der Herzkraft abhängig ist, sich verglichen habe mit der annähernd normalen in der Carotis. —

Die für den Mitteldruck gefundenen Zahlen betrugen an Kaninchen 22 MM., an Katzen 17 MM., an Hunden 29 MM. Quecksilber.

Beutner hat auch für einen Fall die Spannung in den Lungenvenen der Katzen untersucht und sie zu 10 MM. Hg. gefunden.

*) Gazette médicale de Paris 1856. p. 729.

**) Archiv für physiolog. Heilkunde. IX. Bd.

Hering, welcher seine Beobachtungen an einem Kalbe anstellte, das die angegebene Bildungshemmung (ectopia cordis) zeigte, brachte seine Messröhren unmittelbar in die linke und rechte Herzkammer. In diesen Röhren, welche wasserdicht von der Muskelsubstanz umschlossen wurden, stieg die Flüssigkeit in einem Verhältniss von 1 : 1,7, die grössere Zahl gehörte dem linken Ventrikel an.

Faivre, der sich der Methode von Chaveau bediente, giebt an, dass beim Pferd der Druck in der a. pulmonalis etwa ein Drittheil von dem in der a. carotis betragen habe.

Da nun der Einfluss der Brustbewegung auf den Lauf des Lungenblutes dem Versuch noch nicht zugängig gewesen ist, so können wir zur Aufhellung dieser wichtigen Verhältnisse nur gelangen durch theoretische Schlüsse über die Veränderungen, welche die Athembewegungen an dem Verhalten der Gefässe erzeugen. — Mit Rücksicht hierauf ist zweierlei zu unterscheiden. Einmal nemlich ändert sich die Länge der Gefässe und insbesondere der Capillaren dadurch, dass sich die Lungenbläschen bei der Inspiration ausdehnen, während sie bei der Exspiration zusammenfallen; die wesentliche Frage, ob sich hierbei die Widerstände ändern, indem mit der Ausdehnung der Lungenbläschen sich die Capillaren verlängern und verengen, hat Poiseuille auf verschiedene Art zu erledigen gesucht. Zuerst injicirte er mit einer in der Kälte erstarrenden Masse die erwärmten Lungengefässe, dann blies er einen Lappen der Lunge durch den Bronchus auf und unterband den letztern; die andern blieben im zusammengefallenen Zustand. Die mikroskopische Messung der Capillaren in der erkalteten Lunge ergab einen grösseren Durchmesser für die zusammengefallenen, einen kleineren für die aufgeblasenen Lungenmassen. — Dann bestimmte er die Ausflussgeschwindigkeit eines Stromes, der unter constantem Druck in die Lungenarterie ein- und durch die Lungenvene ausging. In der zusammengefallenen Lunge war der Strom geschwinder als in der mässig aufgeblasenen und in dieser wiederum rascher als in der stark aufgeblasenen. Auf diese Thatsachen kommt die Respirationslehre noch einmal zurück. — Nächstdem ändert sich aber auch mit der Brustbewegung die Spannung der grossen Lungengefässe, welche ausserhalb des Pleurasackes gelegen sind. Auf sie ist nemlich offenbar alles das anwendbar, welches für die grossen Gefässe des Aortenwerkes innerhalb der Brusthöhle galt, so dass in den Venen und Arterien der Lungen

die Spannung mit der Exspiration steigt, mit der Inspiration aber abnimmt.

2. Verbindung zwischen Lungen und Körperkreislauf. Eine besondere Hervorhebung verdient schliesslich noch die eigenthümliche Verbindung, welche zwischen dem Aorten- und Lungenwerk durch die a. bronchialis besteht; diese bezieht, wie bekannt, ihr Blut aus der Aorta und liefert es theilweise wenigstens unmittelbar in die v. pulmonalis. Diese Gefässe dürften vielleicht angesehen werden als Mittel, durch welche relative Ueberfüllungen der einen oder andern Abtheilung ausgeglichen werden können.

Die Geschwindigkeit des Blutstroms.

Die Geschwindigkeit, welche den einzelnen im Blutstrom kreisenden Theilchen zukommt, wechselt mit der Zeit und dem Ort und dem Aggregatzustand des Strömenden. — Zunächst ist es offenbar, dass von den Theilchen, welche gleichzeitig in einem und demselben Stromquerschnitte enthalten sind, diejenigen, welche an der Röhrenwand laufen, sich langsamer bewegen, als die in der Mitte gelegenen, weil ausnahmslos in allen Röhren die Wandschicht an Geschwindigkeit der Mittelschicht unterlegen ist. Zudem ist die Anwendbarkeit dieses Grundsatzes auf den Blutlauf erfahrungsgemäss festgestellt. — Ein und dasselbe Theilchen wird aber eine verschiedene Geschwindigkeit empfangen, je nachdem es in den Stämmen oder Aesten der Arterien und Venen, oder in den Capillaren sich bewegt, und dieses wird selbst noch gelten, wenn auch das Theilchen immer in derselben relativen Stellung zu der Wand, z. B. in der Mittelschicht, bleibt. Denn da die Querschnitte der gesammten Blutbahn auf ihrem Verlauf bald grösser und bald kleiner werden, da trotzdem durch jeden Querschnitt der Gesammtbahn immer gleich viel Blut strömmen muss, so wird in den grössern Querschnitten die Geschwindigkeit sich vermindern müssen. — Mit der Zeit verändert sich aber die Geschwindigkeit, weil die treibenden Kräfte, oder anders ausgedrückt, die Spannungsunterschiede zweier unmittelbar aufeinanderfolgender Querschnitte mit der Zeit wechseln. Dieser Wechsel ist nun aber für die einzelnen Gefässabtheilungen, wie wir wissen, nicht gleich. Im normalen Blutstrom sind diese Unterschiede in merklicher Weise und zwar ununterbrochen vorhanden in den grossen Arterien, insbesondere des Aortensystems, dann in den grossen Körpervenen, am wenigsten ausgesprochen sind dagegen die erwähnten zeitlichen Veränderungen in den Capillaren.

Wenn man also die Blutströmung messen will, so muss man sich vor Allem darüber verständigen, ob man eine Partialgeschwindigkeit, d. h. die an einem Ort und zu einer begrenzten Zeit bestehende, oder ein Mittel aus den zeitlichen und örtlichen Variationen zu bestimmen gedenkt. Dieses hervorzuheben ist um so weniger unnütz, als in der That die verschiedenen bis dahin bekannt gewordenen Methoden bald das eine und bald das andere Ziel verfolgen.

a. Die Centralgeschwindigkeit des Capillarenstroms*) kann durch die sichtbare Bewegung der Blutkörperchen gemessen werden. Dieses geschieht 1. nach E. H. Weber durch mikroskopische Ausmessung der Wegstrecke, welche ein Blutkörperchen in der Zeiteinheit zurücklegt. Um aus diesen Daten die wahre Geschwindigkeit zu finden, muss man den durchlaufenen Weg durch die Vergrösserungszahl des Mikroskops dividiren, wie sich von selbst versteht. Als vorzügliche Beobachtungsorte empfehlen sich die Schwimmhaut, und das Mesenterium der Frösche (E. H. Weber), das Mesenterium junger Säugethiere (Volkmann, R. Wagner), das luxirte pigmentfreie Auge kleiner Nagethiere (Waller). — Die Beobachtung selbst ist schwer; auf die Aufstellung der zu beobachtenden Theile unter das Mikroskop ist die grösste Sorgfalt zu verwenden, damit die Beobachtung nicht durch örtliche Störungen vereitelt werde. — 2. Ein anderes am Menschen anwendbares Verfahren, auf welches schon in der ersten Auflage dieses Lehrbuches hingewiesen wurde, konnte Vierordt ausführen, weil er, wie Seite 353 des 1. Bandes erwähnt wurde, sich den eigenen Retinalkreislauf sichtbar machen kann. Um diesen Versuch zu dem vorliegenden Zwecke zu benutzen, projizirt er die Gefässfigur auf eine von hinten stark erleuchtete Milchglasscheibe, die in genau gekannter Entfernung vom Auge steht; dann notirt er die Zeit, in welcher ein Körperchen eine gradlinige Bahn von gemessener Länge durchläuft. Ist a der Abstand der Milchglasebene vom vordern Knotenpunkt des Auges, b der der Retina von hintern und c die vom Blutkörperchen auf der Milchglasscheibe durchlaufene Wegstrecke, so ist die auf der Retina durchlaufene $= \frac{bc}{a}$. — 3. Vierordt schlägt endlich auch die rotirenden Scheiben von Plateau und Doppler als Mittel für die Messung an durchsichtigen thierischen Theilen vor. —

Da nun bekanntlich die rothen Körperchen im Centralstrom der Capillaren laufen und da des geringen specifischen Gewichtsunterschieds wegen ihre Geschwindigkeit mit der der Blutflüssigkeit übereinstimmt, so leistet die Messung ihrer Geschwindigkeit wahrscheinlich mit hoher Vollkommenheit das Verlangte.

b. Das Dromometer von Volkmann**) findet seinem Bau gemäss einen Mittelwerth aus den auf dem Querschnitt eines grösseren Gefässes nach Zeit und Raum veränderlichen Geschwindigkeiten. Mit andern Worten, es misst die Geschwindigkeit, welche, wenn sie während der ganzen Beobachtungsdauer auf allen Orten des Gefässschnittes gleich wäre, gerade soviel Blut durch den letzten fördern würde, als in der

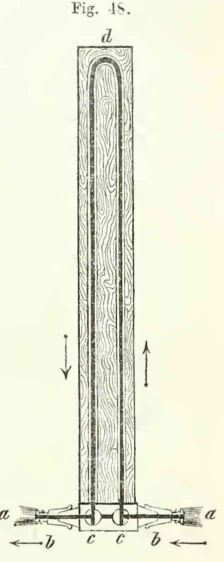
---

*) Müllers Archiv. 1838. Vierordt. Die Gesetze der Stromgeschwindigkeiten. Frankfurt 1858. p. 33 u. f. — Waller Compt. rend. Bd. 43. p. 659. — R. Wagner in Valentins Jahresbericht für 1856. p. 78. —

**) Haemodynamik. p. 185. — Lenz, experimenta de ratione inter pulsus frequentum etc. Dorpat 1853. p. 11. Vierordt l. c. p. 7.

That durch ihn läuft, während die Geschwindigkeit von der Wand gegen das Röhrencentrum und in jedem einzelnen Faden wiederum mit dem Schlag und der Ruhe des Herzens veränderlich ist. Die besondere Anwendung des Dromometers für den Blutstrom erläutert die Fig. (48). In ihr bezeichnen *a a* die Enden des durchschnittenen Gefässes, in welche das Haemodromometer *b c d c b* eingebunden ist. Dieses letztere hat einen geraden Schenkel *b c c b* aus Messing und einen gebogenen *c d c* aus Glas. An den Orten *c c*, wo die Arme des gläsernen Rohrs in das gerade münden, sind zwei Hähne mit anderthalbfacher Durchbohrung angebracht, die in der Zeichnung im Grundriss dargestellt sind; die durchbohrten Gänge sind schwarz schraffirt. Man erkennt, dass, wenn die durchbohrten Theile der Hähne die gezeichnete Stellung einnehmen, das Blut aus dem Gefässe *a* unmittelbar durch den gebogenen Schenkel *c d c* dringt, während der gerade abgeschlossen ist; werden dagegen die Hähne um 90^0 gedreht, so ist umgekehrt der gerade Schenkel für den Blutstrom eröffnet und der gebogene ihm verschlossen. An diesen Hähnen ist endlich noch die hier nicht angegebene Einrichtung angebracht, dass immer mit dem einen Hahne sich der andere zugleich umdrehen muss, so dass in sehr kurzen Zeiten der Strom *b c c b* in den von *b c d c b* umgesetzt werden kann. — Will man eine Messung ausführen, so füllt man das Haemadromometer mit Wasser und bringt einen seiner Hähne in eine solche Stellung, dass das einströmende Blut durch den geraden Schenkel *b c c b* dringen muss. Hierauf dreht man zu einer genau bestimmten Zeit die Hähne plötzlich um, so dass nun das Blut nur durch den gläsernen Schenkel einen Ausweg findet. Das in ihn eindringende Blut treibt das Wasser vor sich her. Dieses geschieht jedoch nicht in der Weise, dass unmittelbar die dunkle Farbe des Bluts sich absetzte gegen die helle des Wassers, sondern es mischen sich beide, so dass hierdurch auf einer Wegstrecke alle möglichen Abstufungen des Blutroths vom Wasser bis zum reinen Blut hin vorkommen. Da die Längenausdehnung dieser Mischung keineswegs verschwindet gegen die von dem Blut während der Beobachtungszeit durchlaufene Bahn, so muss man sich darüber verständigen, welche Tinte man als Marke wählen will, oder anders ausgedrückt, wie tief die Farbe der am Ende des Rohrs ankommenden Mischung sein muss, wenn man die Beobachtung für geschlossen erklären will; Volkmann wartete jedesmal so lange, bis die tiefste Farbe, die des ungemischten Blutes, an dem Grenzstrich angelangt war. Er versichert, dass unter Berücksichtigung dieses Umstandes und bei der von ihm gewählten Art, die Zeit zu bestimmen, die Geschwindigkeit in der Röhre bis auf 0,9 ihres wahren Werthes genau gemessen werden kann, so dass von dieser Seite der Fehler in die Grenzen $\pm$ eines Zehntheils vom ganzen Werth eingeschlossen sei.

Fig. 48.



Einige Willkührlichkeiten, die in dieser Annahme liegen, sucht Vierordt zu beseitigen, indem er vorschlägt, die Zeit zu messen, welche jedesmal zur Vollendung der Hahnumdrehung verbraucht wird, und indem er darauf dringt, den Blutantheil zu

bestimmen, welcher auf jeder beliebigen Strecke der gebogenen Röhre in das Wasser eingedrungen ist. Ebenso macht er darauf aufmerksam, dass das Dromometer in Anbetracht der kurzen Beobachtungsdauer, die es zulässt, nur bei rascher Pulsfolge brauchbar sei, da es natürlich nicht möglich sei, die Beobachtung mit der Phase der Herzbewegung zu schliessen, mit welcher sie begonnen. — Die etwas schwierige Zeitmessung Volkmanns hat Bidder vereinfacht und zugleich verschärft.

Gesetzt nun aber, es sei die Geschwindigkeit, welche im Dromometer während der Beobachtung bestand, mit hinreichender Schärfe gemessen worden, so bleibt noch zu erforschen, in welchem Verhältniss die Geschwindigkeit des Blutstroms in der Glasröhre zu derjenigen steht, welche in dem Blutgefäss vorhanden gewesen wäre, ohne dass die Einführung des Instruments stattgefunden hätte. Gleich kann die Geschwindigkeit in beiden Umständen nicht sein, da das Verhältniss zwischen Widerstand und Triebkraft nicht dasselbe geblieben ist. — Die Triebkraft des Bluts ist nämlich für beide Fälle gleich; denn in ihr würden nur dann Veränderungen eingetreten sein, wenn sich durch das Instrument zwischen dem Herzen und seinem Einfügungsorte etwas umgestaltet hätte, was aber nicht geschehen ist. Dagegen sind die Widerstände, die der Strom findet, vermehrt; denn es hat sich mit der Einsetzung des Instruments die Blutbahn nach den Capillaren hin verlängert und auch verengert, weil unter allen Umständen das Lumen der eingebundenen Glasröhre dem der Arterien nicht gleich kommen kann; demgemäss muss die Flüssigkeit langsamer strömen. Zu dieser Betrachtung fügt nun aber Volkmann die Behauptung, dass die Verlangsamung des Stroms nicht sehr bedeutend sei, weil der Widerstand aus den Capillaren her in beiden Fällen gemeinsam seiund gegen diesen der in der Glasröhre verschwinde. Zur Kräftigung seiner Annahme *) hat er den Widerstand ermittelt, der sich in einem Dromometer entwickelt, welches in eine Arterie eingefügt ist; dieses geschah auf die gebräuchliche Weise, indem er einen Druckmesser am Beginn und am Ende des Dromometers einsetzt. In der That bestätigt sich seine Ansicht durch den Versuch mindestens in so weit, dass der Widerstand im Dromometer gering ist gegen den jenseits desselben. Zu gleicher Zeit gewinnt man aber auch bei diesen Beobachtungen die Ueberzeugung, dass die Röhren des Dromometers nicht wohl länger und enger hätten sein dürfen.

Aus den Erläuterungen Volkmann's zu seinem Verfahren geht hervor, dass das Mittel, welches er aus den verschiedenen zeitlichen und örtlichen Geschwindigkeiten findet, um einen nicht näher anzugebenden Bruchtheil niedriger ist, als das wahre.

c. Das Tachometer von Vierordt bestimmt nach den Erörterungen, welche ihm auf Seite 54 zu Theil geworden sind, das Mittel aus den verschiedenen Geschwindigkeiten eines grössern Gefässquerschnitts, und durch eine besondere Einrichtung, die ihm gegeben wurde, auch noch die Variationen, die diese mittlere Geschwindigkeit während des Schlags und der Ruhe des Herzens erfährt. Denn das Pendelchen, welches in dem Blutstrome hängt, entfernt sich während der Systole des Herzens um einen grösseren Winkel aus seiner Ruhelage, als während der Diastole. Um die Vermuthung abzuschneiden, dass die Geschwindigkeit, welche der Pendel bei diesen Bewegungen empfange, in die Geschwindigkeitsbestimmung des Stroms störend eingreife, erwähnt Vierordt, dass die Zahl und Zeit der Pendelschwingungen genau denen des Herzschlages entsprechen. Um diese raschen veränderlichen Stellungen des Pendels aufzufassen, setzt Vierordt auf die äussere Seite des Glaskästchens, in welchem der Pendel geht, einen beweglichen Zeiger, der um eine Achse mit der Hand so hin und her ge-

*) l. c. p. 233 u. f.

dreht werden kann, dass er mit dem Pendel immer genau gleich geht. Mit diesem Zeiger ist schliesslich ein leicht beweglicher Rahmen verbunden, der mittelst eines an seinem freien Ende befindlichen Pinsels die Ausschläge auf eine rotirende Trommel schreibt. — Bei den Vorzügen, welche das Tachometer in der vorliegenden Einrichtung besitzt und in Anbetracht der Sorgfalt, welche ihm Vierordt zugewendet hat, würden noch einige Prüfungen auf den Umfang seiner Brauchbarkeit wünschenswerth sein. Um aufzuhellen, in wie weit der Widerstand von Bedeutung sei, den das Instrument in dem Gefäss erzeugt, in welches man es setzt, hätte man sich ein verzweigtes Röhrensystem herstellen können, in welchem der Strom bei ähnlicher Druckkraft mit änhnlichen Widerständen wie im Gefässsysteme zu kämpfen gehabt hätte; dann würde aus einem der Zweige die mittlere Geschwindigkeit zu bestimmen gewesen sein, bevor und nachdem das Pendelkästchen in ihn eingeschaltet gewesen. Ein anderer Zweifel liesse sich dadurch beseitigen, dass man in einen Strom, der das Pendelchen trifft, die mittlere Geschwindigkeit rasch und in bekannter Weise änderte und dann nachsähe, ob der Pendel bei jeder Geschwindigkeitsänderung die verlangte Stellung einnähme.

d. Vierordt benutzt auch die aus einer künstlichen Gefässmündung fliessende Blutmenge zur Messung der mittleren Geschwindigkeit. Um die letztere durch die künstliche Ausflussöffnung nicht zu erhöhen, setzt er in das an seiner Capillarenseite zugebundene Gefäss ein Manometer und lässt durch die Gefässöffnung nur so viel Blut strömen, dass die Spannung im Gefäss immer der normalen angenähert bleibt. Der Erfinder betrachtet diese Methode einstweilen noch als eine solche, die wesentlicher Verbesserungen fähig sei.

e. Hering erdachte einen sinnreichen und praktisch wichtigen Versuch, dessen Erfolg aufs Innigste an die Stromgeschwindigkeit gebunden ist; der Versuch beabsichtigt, die Zeit festzustellen, welche verstreicht zwischen der Einspritzung einer Salzlösung in einen bestimmten Gefässort und dem Erscheinen der ersten nachweisbaren Spuren der Lösung in dem Blute eines andern Gefässortes. Da diesem Versuche die Weglänge unbekannt bleibt, so bestimmt er nicht die Geschwindigkeit, sondern nur die Uebertragungszeit der eingespritzten Masse von einem Gefässquerschnitt zu einem andern; und insofern er den Zeitwerth misst, welcher zum Hinüberschaffen der ersten Spuren gehört, bestimmt er die Uebertragungszeit, welche nahebei aus der mittleren Centralgeschwindigkeit*) zwischen den beiden Gefässorten hervorgeht. Die Ausführung des Versuchs verlangt einmal die Anwendung eines Salzes, welches ohne Schaden in den Kreislauf gebracht und doch in der geringsten Menge schon mit Sicherheit nachgewiesen werden kann; als solches führt Hering eine verdünnte Lösung blausäurefreien Blutlaugensalzes ein. Zweitens verlangt der Versuch eine genaue Bestimmung des Zeitraumes zwischen den Einführungen des Salzes an den einen und dem Erscheinen an den andern Orte. Diesem Erforderniss hat Vierordt mit grosser Genauigkeit dadurch Genüge geleistet, dass er die zum Auffangen des entleerten Blutes bestimmten Töpfchen auf den Umfang einer rotirenden Scheibe stellt, welche letztere in 0,6 Sec. je eins der ersteren

---

*) Versuche, die Schnelligkeit des Blutlaufs zu bestimmen. Zeitschrift für Physiologie von Tiedemann und Treviranus. III. Bd. — Ibidem. V. Bd. — Archiv für physiolog. Heilkunde. XII. Bd. p. 112. — Vierordt, Stromgeschwindigkeiten des Blutes. p. 48.

**) d. h. eine Geschwindigkeit welche dasselbe leistet, wie die mit Zeit und Raum veränderliche Geschwindigkeit in der Achse der Röhrenströme, welche den Einsprizungs- und Auffangungsort mit einander verbinden.

vor der Gefässöffnung vorüberführte, und dass er die Nachweisung des Blutlaugensalzes verschärfte. — Mit diesen Mitteln geht nun der Versuch so vor sich: Man legt zwei Gefässe bloss; in das eine derselben setzt man nach der Richtung des Stromes eine Spritze mit der nöthigen Salzlösung gefüllt; in das andere setzt man ein mit einem Hahne versehenes Röhrchen; die Mündung dieses Röhrchens steht über dem Rande der Scheibe, so dass das aus ihm strömende Blut sich in das gerade vorübergeführte Kästchen ergiesst. Nachdem man die Scheibe in Bewegung gesetzt, spritzt man die Lösung ein und öffnet gleichzeitig den Hahn des Ausflussröhrchens, dessen Strahl nun die gewünschte Zahl von Töpfchen füllt, worauf man den Hahn wieder schliesst. Hierauf prüft man der Reihe nach den Inhalt der Töpfe auf ihren Blutlaugensalzgehalt. Aus der Zahl der Töpfchen, die vom Beginn des Versuchs bis zu dem, welches die erste Spur des Salzes enthält, gefüllt sind, ergiebt sich die gesuchte Zeit, indem man 0,6 Sec. mit jener Töpfchenzahl multiplizirt. —

Diesem Versuch hat man die Einwendung gemacht, er gebe nicht die wahre Uebertragungszeit an, einmal weil durch die Oeffnung im Gefässsysteme der normale Druckunterschied zwischen dem Zu- und Abflussort und also auch die Geschwindigkeit zwischen beiden geändert werde (Volkmann). Dieser Einwurf verliert erfahrungsgemäss in dem Maasse an Gewicht, als man aus der Gefässöffnung ungefähr nur soviel ausströmen lässt, als für gewöhnlich durch den Querschnitt des ungeöffneten abströmen würde (Hering). — Poiseuille stützt eine Einsprache gegen die Anwendbarkeit des Verfahrens auf die Aenderungen, welche nachweislich ein Salzzusatz in der Blutreibung hervorbringt. Diese Ausstellung scheint aber allerdings bedeutungslos zu werden, wenn dem Blute so wenig Salz zugefügt wird, wie dies neuerlichst Vierordt gethan. Vielleicht liesse sich die Frage durch den Versuch entscheiden, ob sich proportional dem vermehrten Zusatz die Uebertragungszeit verkürzte oder verlängerte.

Im Gegensatz zu der vorliegenden Betrachtungsweise sehen Hering und Vierordt die Uebertragungszeit nicht als eine Funktion der grössten Geschwindigkeit in der Bahn, sondern als eine der mittleren an. Der Versuch würde zu ihrem Gunsten entscheiden, wenn die aufgefangene Blutprobe ungefähr so viel Salzprozente enthielt, als ihr zukommen würde unter der Voraussetzung, dass eine gleichmässige Mischung des eingespritzten Salzgewichtes mit der Blutmenge stattgefunden hätte, die in den Gefässen enthalten war, durch welche das Salz strömte. So müsste z. B., wenn das Salz in die linke v. jugularis eingespritzt wurde und von da zum rechten Herzen, zur Lunge und dem linken Herzen, durch den Kopf zur Ven. jugul. dextr. gekommen wäre, die Blutprobe eine so intensiv gefärbte Reaktion geben, als sie sich von einer gleichgrossen Probe erzielen lässt, die einem Gemenge entnommen würde, das aus ebensoviel Blut und Blutlaugensalz besteht, wie im Versuchsthiere enthalten war. Da dieser oder ein ähnlicher Beweis noch nicht geliefert ist, so wurde der ersten Anschauungsweise der Vorrang gestattet, und zwar darum, weil das Blut gerade in den Gefässen am längsten verweilt, in welchen die Wand die mittlere Geschwindigkeit am meisten erniedrigt, und in welchen keine Pulsbewegung die centralen und die wandständigen Schichten des Inhalts mischt.

Für die Berechnung der mittleren Geschwindigkeiten in verschiedenen Blutgefässen und einiger daraus ableitbaren Werthe bedient man sich einiger Voraussetzungen, welche jedoch nur da zulässig sind, wo es sich nicht um eine grosse Genauigkeit handelt. — Wollte man z. B. die mittlere Geschwindigkeit in der aufsteigenden Aorta berechnen, so würde dieses thunlich sein, wenn Gefässquerschnitte und Stromgeschwindigkeiten der Aeste, also der Carotiden, Subclavien und der absteigenden Aorta bekannt wären.

Da aber nur die Geschwindigkeit in der Carotis bestimmt ist, so macht man die Annahme, in allen andern Aesten sei die Geschwindigkeit dieselbe. Hierauf misst man den Querschnitt aller in Betracht kommenden Bahnen und findet daraus die Menge von Flüssigkeit, welche in der Zeiteinheit dieselbe durchsetzt. Da nun aber dieses Blutvolum in derselben Zeit durch die aufsteigende Aorta gegangen sein muss, und da man auch ihren Querschnitt annähernd messen kann, so ergiebt sich nun auch die mittlere Geschwindigkeit in ihr. — Auf diese Art hat man nicht allein (s. p. 76.) das mit jedem Herzschlag entleerte Blutvolum geschätzt, sondern man hat auch, indem man auf die angegebene Weise zu schliessen fortfuhr, die Geschwindigkeit des Stroms in den Aesten der absteigenden Aorta und endlich auch mit Zuhülfenahme anderer Daten die Querschnitte einzelner nicht mehr messbarer Gefässabtheilungen berechnet. — Siehe über diese Art von Betrachtungen in Vierordt's Gesetzen der Stromgeschwindigkeiten, p. 69. 103. 112. —

1. Von den Sondergeschwindigkeiten auf demselben Querschnitt.

a. Die Centralfäden des Stroms in den Blutgefässen bewegen sich rascher als die Wandfäden, gerade so wie dieses in allen cylindrischen Strömen vorkommt. Den Beweis hierfür liefert die mikroskopische Erfahrung, dass die im Centrum kleiner Gefässe hingehenden Körperchen viel rascher laufen, als die unmittelbar an der Wand hinstreichenden. — Da sich die letztern rollend bewegen, so giebt die bekannte Geschwindigkeit ihres Fortschreitens keinen Aufschluss über die Geschwindigkeit der Flüssigkeitsschicht, in der sie einhergehen. — b. Die Lymphkügelchen, Blutscheiben und das Plasma des Blutes sind in dem Blutstrom nicht überall gleichmässig vertheilt, und die in analogen Querschnittsorten verschiedener Gefässe enthaltenen flüssigen Massen bewegen sich nicht gleich geschwind. Die Erfahrung sagt hierüber Folgendes aus: 1° Das Venenblut enthält in 100 Theilen im Allgemeinen mehr Körperchen als das der Arterien (Heidenhain, Vierordt); wahrscheinlich ist das Pfortaderblut am reichsten an aufgeschwemmten Theilen. Drückt man diese Erfahrung mit Rücksicht auf die Strömung und auf den selbstverständlichen Grundsatz aus, dass in die Arterie soviel Körperchen eintreten müssen, als aus den Venen hervorströmen, so heist sie: die Blutscheiben nahmen in der Arterie die relativ geschwinder, in den Venen dagegen die relativ langsamer strömenden Orte des Querschnitts ein. — 2° In den kleinsten dem Mikroskop zugänglichen Arterien des Aortenwerks schwimmen, wenn die Stromgeschwindigkeit sich über einer nicht näher zu bezeichnenden Grenze hält, die rothen Körperchen immer nur in der centralen, niemals in der Wandschicht, so dass ein solches Gefäss in der Projektion auf die Ebene aus einem rothen Centralfaden,

der von zwei farblosen Streifen umgeben ist, zusammengesetzt erscheint. In dem Theile der farblosen Schicht, welcher die Wand unmittelbar berührt, bewegen sich die Lymphkügelchen theils fortschreitend und theils rollend (E. H. Weber, Acherson). — Nimmt die Geschwindigkeit ab, so wird der rothe Centralfaden breiter und die Lymphkügelchen häufen sich in der farblosen Schicht an (Acherson); sinkt endlich die Geschwindigkeit noch mehr, so dringen auch die rothen Scheiben in den Wandsaum, mit andern Worten, das Gefäss scheint durchweg mit rothen Massen erfüllt, so dass der farblose Raum verschwindet. — 3° In den kleinen Venen des Aortenwerks verhalten sich die Dinge wie in den kleinen Arterien, nur ist im Allgemeinen in den erstern der rothe Mittelfaden im Verhältniss zur farblosen Wandschicht breiter als in den letztern (Acherson). — 4° In den kleinen Arterien und Venen des Lungenwerkes schwimmen unter Umständen im centralen Theile Blutscheiben und Lymphkügelchen unter einander vertheilt, so dass der farblose Wandsaum ganz frei von Körperchen ist (R. Wagner), unter andern verhalten sie sich wie im Aortencapillaren (Gunning). — 5° In den Capillaren nehmen Blut- und Lymphkörperchen den mittlern Theil des Stroms ein, die letztern schreiten jedoch langsamer vorwärts als die erstern; die Dichtigkeit, mit welcher die Körperchen einander folgen, ist mit der Zeit sehr veränderlich. —

Die Erklärung dieser Thatsachen ist enthalten in der besondern Vertheilung der Stromkräfte auf dem Gefässquerschnitt, in dem spezifischen Gewicht, der Form und der Masse der Körperchen. — Insofern das spezifische Gewicht der Flüssigkeit und des in ihr schwimmenden Körperchens ungleich ist, wird das letztere von dem Stosse der Stromfäden und daneben auch noch von dem Zuge der Schwere angegriffen werden. In einem horizontal verlaufenden Strome wird also das Körperchen, je nachdem es spezifisch leichter oder schwerer als die Blutflüssigkeit ist, gegen die obere oder untere Wand hinstreben, und zwar mit um so grösserer Geschwindigkeit, je merklicher jener Gewichtsunterschied ist. Dem Zuge der positiven oder negativen Schwere wirkt direkt entgegen der Unterschied der Seitendrücke, welchen die einzelnen Stromfäden ausüben. Denn je näher der Peripherie ein Stromfäden liegt, um so grösser ist sein Seitendruck, also treibt dieser ein aus dem Centrum sich bewegendes Körperchen wieder dahin zurück, und zwar mit um so grösserer Kraft, je geschwinder der Strom fliesst, weil hiermit auch die Unterschiede der genannten Seitendrücke wachsen. —

Die Unterschiede der Geschwindigkeit, welche die Stromfäden zeigen, je nachdem sie im Centrum oder an der Wand fliessen, bedingen, insofern das Körperchen sich nicht im Centrum bewegt, ungleiche starke Stösse diesseits und jenseits seines Schwerpunktes und hiermit eigenthümliche Bewegungsformen der schwimmenden Masse. —

Diese Erörterungen machen es begreiflich, warum sich die Lymphkörperchen rascher aus dem centralen Strom ausscheiden, als die Blutscheiben, und warum erst der Strom sich sehr verlangsamt haben muss, bevor auch die letztern in die Wandschicht treten.

Ebenso erklärlich ist es, dass jede rothe Scheibe sish mit ihrem schmalen Rand gegen die Stromrichtung stellt und zwar so, dass ihr Schwerpunkt womöglich in die Stromachse fällt, so dass die dem Stoss ausgesetzten Flächen des Körperchens sich symmetrisch um die Achse vertheilen. Denn befände sich die Scheibe ausserhalb der Stromachse und zugleich so gelagert, dass ihre Grundfläche senkrecht gegen die Stromrichtung läge, so würde sie von den raschern mehr gegen das Centrum gelegenen Stromfäden stärker als von den Wandfäden gestossen werden, weshalb sich die Scheibe so lange drehen würde, bis sie ihren schmalen Rand gegen den Strom kehrt; denn dann wäre der Unterschied der Stosskraft auf die Flächen diesseits und jenseits der Schwerpunktsebene ein Minimum. Liegt nun die Scheibe einmal mit ihrer grössern Fläche parallel der Stromrichtung, aber so, dass ihr Schwerpunkt ausserhalb des Centralfadens fällt, so wird sie wegen des von der Achse gegen die Wand wachsenden Seitendruckes von der letzteren Seite her einen grössern Druck als von der ersteren her auszuhalten haben, und darum muss sie gegen das Centrum geführt werden, wo sie fortan, ohne sich zu drehen, weiter schwimmt. —

Kugelige Körperchen, wie es die farblosen sind, müssen, wenn sie einmal aus der Wandschicht ausgeschieden wurden, sich drehen wegen der ungleich starken Stösse, die sie in der Stromrichtung empfangen (Donders), und sich langsamer als die Flüssigkeit bewegen, weil durch die Drehung immer ein Theil der Kugelmasse entgegengesetzt der Stromrichtung geht. Desshalb müssen auch fortschreitend verlaufende Blutscheiben an ihnen vorüberstreichen, selbst wenn sie in denselben Stromfäden vorhanden sind, und es werden,

wie Gunning*) ausführlicher entwickelt, auch darum die Kügelchen an die Wand angedrückt.

2. Die mittlere Querschnittsgeschwindigkeit ändert sich in weiten Grenzen mit den Phasen der Bewegungen des Herzens (Systole und Diastole), mit dem Umfang und der Folge seiner Zusammenziehung, mit der Tiefe und der Zahl der Athemzüge, mit der Blutmenge, dem Orte des betrachteten Querschnitts, dem Spannungsunterschiede auf der Längeneinheit, mit der Temperatur u. s. w.

a. Die Mittel- und Grenzwerthe der bis dahin gefundenen mittleren Querschnittsgeschwindigkeit zählt die nachstehende Tabelle auf; die Zahlen bedeuten die MM., welche in der Secunde durchlaufen wurden.

Gefäss.	Geschwindigkeit.			Beobachter.
	geringste.	grösste.	mittlere.	
Carotis des Hundes .	106	342	264	Volkmann, Lenz, Vierordt
„ „ Pferdes .	220	431	303	Volkmann
„ der Ziege . .	240	358	293	Volkmann
„ des Schaafs .	241	350	280	Volkmann
„ „ Kalbs . .	92	431	295	Volkmann, Lenz
Cruralis des Hundes .	114	237	162	Vierordt, Lenz
Maxillaris d. Pferdes .	99	232	165	Volkmann
Metatarsea d. Pferdes .	—	—	56	Volkmann

Die mittlere Querschnittsgeschwindigkeit in der carotis verschiedener Thiere steht sich demnach ungefähr in ähnlicher Weise nahe, wie es daselbst mit den Wanddrücken der Fall war.

Die Geschwindigkeit mit welcher die Blutkörperchen in den Capillaren laufen ist:

Ort	geringste	grösste	mittlere	Beobachter
Retina der Menschen	0, 6	0,9	0,75	Vierordt
Schwanz der Froschlarve	0,45	0,67	0,57	E. H. Weber
Schwimmhaut d. Frosches	0,17	1,11	0,51	Valentin
Mesenterium d. Hundes	—	—	0,80 (?)	Volkmann.

Diese letztern auf die Capillaren sich beziehenden Zahlen drücken offenbar nicht die mittlere Geschwindigkeit des Stroms aus; nach welcher Richtung sie abweichen, ist unbekannt.

b. Ueber Geschwindigkeitsunterschiede zur Zeit der vollendeten Systole und Diastole in Carotis und Cruralis des Hundes erhielten wir durch Vierordt**) Aufschluss; so war:

*) Archiv für holländ. Beiträge. I. Bd. 320.

**) Stromgeschwindigkeit p. 144 u. 206.

Carotis,	zu Ende der Diastole	zu Ende der Systole	Cruralis	zu Ende der Diastole	zu Ende der Systole
	215	297		140	239

Der systolische Zuwachs zur diastolischen Geschwindigkeit betrug im ersten Falle 39 p. c., im zweiten 70 p. c. In fünf andern Fällen lag der systolische Zuwachs zwischen 14 bis 25 p. c. — Diese in den grossen Arterien so sichtbare Geschwindigkeitsänderung verliert sich allmälig gegen die kleinen Gefässe hin und endlich vollständig da, wo auch die aus gleichen Gründen herrührenden Druckschwankungen unsichtbar werden, also in den kleinsten Arterien. Eine Ausnahme machen hiervon die kleinsten Gefässe der Retina*) deren Arterien (Ed. Jaeger) und Venen (v. Tright, Coccius) sehr häufig wenigstens pulsiren.

c. Eine der wesentlichsten Bedingungen für die Strombeschleunigung ist gegeben durch die Menge und die Geschwindigkeit des Zuflusses in das arterielle System, also durch Zahl, Umfang und Schnelligkeit (Kraft) der Herzzusammenziehungen. In der That würde die mittlere Geschwindigkeit eines jeden Gesammtquerschnitts des Gefässsystems geradezu mit jenen Vorgängen wachsen, wenn nicht mit ihnen zugleich die Blutspannung und die Dimensionen der Gefässe in einer Zunahme begriffen wären, so dass der dem vermehrten Zufluss entsprechende Abfluss durch eine Steigerung der Geschwindigkeit und des Querschnitts zugleich erreicht wird.

Eine andere Seite gewinnt unsere Frage durch die Betrachtung, ob vielleicht zwischen der Folge, dem Umfang und der Geschwindigkeit der Zusammenziehungen gewisse Beziehungen bestehen, so dass z. B. jedesmal mit der beschleunigten Schlagfolge die Stromgeschwindigkeiten zu- oder abnehmen. Aus den hierher gehörigen Versuchen von Lenz geht hervor, dass allerdings häufig mit der Pulszahl die Geschwindigkeit in einem freilich ganz unbestimmbaren Verhältniss zunimmt, dass aber dieses keineswegs nothwendig ist, namentlich bei Variationen der Schlagzahl in den mittlern Grenzen, indem hier oft genug der Fall eintritt, dass die Geschwindigkeit mit sinkender Pulszahl sich mehrt oder umgekehrt mit steigender sich mindert.

Lenz variirte die Schlagfolge mittelst Durchschneidung und Reizung des n. vagus. Um zu vergleichen, mussten jedesmal an demselben Thiere mehrere Geschwindigkeitsmessungen hinter einander angestellt werden; vor jeder derselben führte er eine dem Inhalt

---

*) Donders, Onderzoekingen in het laborator etc. Utrecht 1854—55. p. 90.

des Volkmannschen Dromometers entsprechende Natronmenge in das Blut und in Folge dessen wurde, wie bekannt, die Kraft der Herzzusammenziehungen sehr gemindert. Da nun demnach in den Versuchen ausser der aufzufindenden Zahl der Herzschläge noch zwei andere unbestimmbare Variable (Umfang und Intensität der Zusammenziehung) enthalten sind, so ist die Auskunft, welche sie geben, selbst eine unbestimmte. Dass mit der steigenden Beschleunigung in der Schlagfolge der Umfang jeder einzelnen Herzzusammenziehung abnimmt, ist einleuchtend aus der geringen Geschwindigkeit des Stroms in den zum Herzen führenden Venen, welcher immer einer gewissen Zeit bedarf, um das Herz anzufüllen. Mit Berücksichtigung dieses Umstandes lässt sich einsehen, dass bis zu einem gewissen Grad mit der Beschleunigung des Herzschlages auch die Stromgeschwindigkeit zunehmen muss, während sie bei noch weiter zunehmender Schlagzahl in der Zeiteinheit wieder abnimmt. — Eine besondere Berücksichtigung verdient die Energie der Vorhofszuckung, weil auch von ihr die Menge des Bluts abhängt, die in die Kammer eingeworfen wird.

d. Die Athembewegung muss in ihrem Einfluss auf die Stromgeschwindigkeit ähnlich beurtheilt werden wie die Herzbewegung, was sich schon daraus ergiebt, dass sie vor Allem den Blutreichthum der grossen zum Herzen führenden Venenstämme bestimmt.

e. Die mittlere Querschnittsgeschwindigkeit steigt nicht mit der Spannung auf einem Querschnitt, wohl aber mit Unterschied der Spannung zweier auf einander folgender Querschnitte. — Für den ersten Theil dieser Behauptung sind mancherlei Belege beizubringen. Wir haben gesehen, dass mit der steigenden Blutfülle des gesammten Gefässwerks die Spannung des Bluts stieg, denn ein Aderlass mindert den Druck des Bluts, gleichgiltig ob dieses in der Ruhe oder in der Bewegung war, und eine Einspritzung von Blut in das Gefässsystem mehrte ihn; unter diesen Umständen mehrt oder mindert sich aber nach Volkmann und Hering die Geschwindigkeit nicht. Eine kurze Ueberlegung zeigt sogar, dass die Geschwindigkeit des Stroms Null werden müsse, wenn die Anfüllung der gesammten Gefässhöhlen mit Blut zu einem gewissen Werthe angestiegen wäre. Dieser Werth würde erreicht sein, wenn das Gefässsystem so weit durch seinen Inhalt ausgedehnt wäre, dass die aus dieser Auhdehnung hervorgehende Spannung der Gefässwände hinreichend wäre, um allen den Drücken das Gegengewicht zu halten, welche vom Herzen, dem Brustkasten u. s. w. ausgehend dieselben noch weiter auszudehnen oder zusammenzupressen strebten. — Lenz hat eine grosse Zahl von Beobachtungen gesammelt, in welchen der Druck und die Geschwindigkeit mit einem Dromometer bestimmt wurden; er bestätigte ebenfalls die oben ausgesprochene Behauptung.

Das auffallendste Beispiel für die Unabhängigkeit der Geschwindigkeit von dem absoluten Werthe der Spannungen eines oder des andern Querschnitts eines Gefässes gewährt die Betrachtung des Lungen- oder Körperkreislaufs. In den Anfängen beider, in der a. pulmonalis und der a. aorta, muss die Geschwindigkeit gleich sein, weil der Durchmesser beider Gefässe nicht wesentlich von einander abweicht und beide gleich viel Blut aus dem Herzen befördern müssen. Und dennoch sind die Spannungen in beiden Gefässen so ungemein verschieden.

Anders aber verhält sich die Geschwindigkeit, wenn man die Spannungsunterschiede in zwei aufeinander folgenden Gefässabschnitten zu ändern versteht. So sinkt bekanntlich die Spannung in den Arterien nach einer Erregung der nervi vagi sehr bedeutend, und sie nimmt in den grossen Venen zu, während nach Durchschneidung der erwähnten Nerven das Umgekehrte eintritt. Dem entsprechend fand Lenz die Geschwindigkeit in der Carotis verlangsamt im ersten und erhöht im zweiten Fall. — Augenscheinlich beschleunigt jede Zusammenpressung einer oberflächlichen Vene den Strom aus derselben und umgekehrt strömt mit grosser Geschwindigkeit das anliegende Blut in eine entleerte Vene. — Mit Rücksicht auf den Spannungsunterschied zweier aufeinanderfolgender Querschnitte verhalten sich nun, wie bekannt, die Gefässe unseres Körpers sehr verschieden. In den grossen Arterien und Venen ist dieser nemlich mit der Zeit ununterbrochen veränderlich, in den Röhren kleinern und kleinsten Lumens kommt es dagegen vor, dass die Spannungsunterschiede, die nach der Länge derselben bestehen, unabhängig von der Zeit sind. Dieses wurde schon früher ausführlicher auseinandergesetzt. Unsere Behauptung verlangt also, dass in den Gefässen grössern Durchmessers auch die Geschwindigkeit einem stetigen Wechsel unterworfen ist, während sie in den kleinsten Gefässen eine gleichförmige sein muss. So verhält sich die Sache auch in der That, wie die angeführten Beobachtungen von Vierordt in Arterienstämmen und die mikroskopische Betrachtung kleiner Gefässe darthut.

Diese Erfahrungen eröffnen, wie es scheint, die Aussicht, auch im Blutstrom die gesetzmässige Beziehung zwischen der Geschwindigkeit und dem Spannungsunterschiede zweier Querschnitte festzustellen; aber leider trübt sich dieselbe sogleich, wenn man bedenkt, dass mit einer veränderten Spannung auch alle andern

Verhältnisse, die auf die Geschwindigkeit einen Einfluss üben, sich umgestalten, und so insbesondere die Weite und Länge der Röhren. So lange man nun weder die Grösse dieser Umgestaltung noch den Einfluss derselben auf den Widerstand festzustellen vermag, wird es unmöglich sein, die soeben hingestellte Aufgabe zu lösen. —

f. Die Geschwindigkeiten in verschiedenen Durchschnitten der gesammten Strombahn verhalten sich umgekehrt wie die Flächeninhalte der Querschnitte. Wenn also ein Querschnitt durch den Aortenbeginn einen geringeren Flächeninhalt besitzt als ein solcher durch alle Aeste des Aortenstammes, so muss die mittlere Geschwindigkeit in diesem letzteren um so viel geringer sein, als ihr Flächeninhalt den des erwähnten Aortenquerschnitts übertrifft. Diese Behauptung findet ihre Bestätigung in den Beobachtungen von Volkmann, welcher die Geschwindigkeit bedeutender in der a. carotis als in der a. facialis, und in dieser wieder grösser als in der a. metatarsea fand; in der vena jugularis, wo sich das Strombett wieder verengt hat, war auch die Geschwindigkeit wieder gestiegen. — Ein ähnliches Resultat, wie diese Versuche mit dem Dromometer, giebt auch die mikroskopische Untersuchung der kleinsten Arterien und Capillaren. Man erkennt sogleich auch ohne genaue Messungen, dass der Achsenstrom, dem die rothen Blutkörperchen folgen, sich in den kleinen Arterien viel rascher als in den Haargefässen bewegt. — Alles dieses ist aber die nothwendige Folge der allgemeinen Bewegungsgesetze, wonach bei demselben Vorrath an lebendiger Kraft die Geschwindigkeit abnimmt, wenn die bewegte Masse zugenommen hat.

g. Mit einer Veränderung in den Bedingungen, welche die Reibung bestimmen, verändert sich auch die Geschwindigkeit des Blutstroms. Zu den Beweisen für diesen Satz wären zu zählen die Erfahrungen von Poiseuille, wonach in erkalteten Gefässen die Geschwindigkeit viel geringer ausfällt, als in denjenigen von normaler Temperatur. Diese Erscheinung muss nach demselben Beobachter*) abgeleitet werden aus der bekannten Erfahrung, dass eine kalte Flüssigkeit sich bedeutender reibt als eine warme; zu dieser Erklärung muss man sich hier darum wenden, weil während der durch die Abkühlung eines beschränkten Gefässreviers

*) Sur les causes etc. p. 58. u. f.

erzeugten Stromhemmung nicht auch gleichzeitig eine Veränderung im Durchmesser der beobachteten Gefässe zu Stande kam. — Cl. Bernard verdanken wir ebenfalls einige hierher einschlagende Bemerkungen. Er fand, dass das Venenblut, welches aus den Capillaren der Gesichtshaut zurückkommt, deren zuführende Arterien in Folge der Durchschneidung des sympathischen Grenzstranges erweitert sind, noch arterielle Eigenschaften besitzt; es scheint demnach, als ob das Blut so rasch durch die erweiterten Gefässe geflossen sei, dass ihm die Zeit zu seiner Umwandlung gefehlt habe. Dasselbe ereignet sich an den Venen der Speicheldrüsen, Nieren u. s. w., wenn diese letztern Drüsen in der Absonderung begriffen sind. Hier lässt sich zugleich durch Messung nachweisen, dass das Blut während der Absonderung rascher strömt (Cl. Bernard).*)

h. In einem so vielfach verzweigten System, wie das der Blutgefässe, müssen, gleiche Ausflussmengen aus dem Herzen vorausgesetzt, zwischen den Geschwindigkeiten der einzelnen Abtheilungen Compensationen bestehen, so dass, wenn dieselbe in einem oder einigen Aesten der Aorta sinkt, sie in andern zunimmt, und umgekehrt. Andeutungen für das Bestehen solcher Verhältnisse besitzen wir in der That; so bleibt z. B. bei einem Kaninchen, an dem einseitig der Grenzstrang des Halses durchschnitten ist, der Druck in beiden Carotiden derselbe, trotzdem nimmt die Anfüllung der Gefässe auf der Seite des durchschnittenen Nerven zu und in den der andern ab. Diese Erscheinung ist nur daraus erklärbar, dass durch die Verbindungsäste beider Gesichtshälften der Strom von der Seite des unverletzten auf diejenige des verletzten Nerven geht (Cl. Bernard). — In gleicher Weise kann man die Gefässfülle aller übrigen Theile mindern, wenn man durch Anlegung einer Saugpumpe um ein Glied, z. B. durch Anbringung des sogenannten Schröpfstiefels, den Luftdruck auf dieses Glied herabsetzt. Indem sich damit die Gefässe des Gliedes erweitern, nimmt der Widerstand in den Strombahnen desselben ab, und darum beschleunigt sich der Strom hier, während er anderswo sich verlangsamt. — Es würde unbezweifelhaft von grosser Wichtigkeit sein, das Verhältniss der mittleren Geschwindigkeit in den einzelnen grösseren Gefässabtheilungen, z. B. den Darm-, Nieren-, Hirn-, Muskelarterien zu kennen, weil uns mit Berücksichtigung des Quer-

---

*) Brown-Séquard, Journal de la Physiologie I. 233.

schnitts daraus mannigfache Aufschlüsse erwachsen würden über den Stoffwechsel in den von diesen Gefässen versorgten Organen. Leider sind wir aber hierüber noch vollkommen im Unklaren. Siehe einige Annahmen hierüber bei Vierordt.*)

2. Die Versuche nach dem Verfahren von Hering geben allerdings weder geradezu die mittlere Längengeschwindigkeit, noch auch nur eine proportionale für den Mittelwerth aus den verschiedenen mittleren Längengeschwindigkeiten, welche zwischen den salzempfangenden und salzabgebenden Querschnitt vorkommen; aber sie erbringen doch jedenfalls eine Angabe, die auf's innigste zusammenhängt, mit irgend einer der wirklich vorkommenden mittleren Längengeschwindigkeiten. Indem man die freilich nicht zu beweisende Voraussetzung macht, dass in den verschiedenen Gefässabtheilungen desselben Thiers oder in derselben Abtheilung verschiedener Thiere immer dieselbe Beziehung zwischen der gemessenen und dem Mittelwerth der mittlern Längengeschwindigkeit bestehe, liefert die Uebertragungszeit des Salzes Angaben über die Aenderung der mittlern Längengeschwindigkeit mit Zeit uud Ort.

a. Die folgende Tabelle verzeichnet die Zeit in Sekunden, welche das Salz verbraucht um aus der vena jugularis durch das rechte und linke Herz in das in der zweiten Columne verzeichnete Gefäss zu gelangen.

Thier.	Bahn.	Mittelwerth.	geringster Werth.	gröster Werth.	Beobachter.
Pferd	zur vena jugularis later. opp.	28,8	17,5	32,5	Hering **)
„	„ vena thorac. externa.	26,5	—	—	
„	„ ven. saph. magna.	17,5	—	—	
„	„ vena masseter.	22,5	15,0	30,0	
„	„ vena maxill. externa.	17,5	12,5	22,5	
„	„ arter. metatars.	30,0	20,0	40,0	
„	„ vena metatars.	32,0	20,0	45,0	
Hund	„ vena jugular. later. opp.	15,2	10,4	19,8	Vierordt
„	„ vena cruralis	18,1	13,5	23,3	
Kaninchen	„ vena jugular. later. opp.	6,9	6,8	7,2	

Diese Tabelle sagt nun aus dass das Salz zum Uebergang aus den Arterien in die Venen des Fusses niemals mehr als

*) Gesetze der Stromgeschwindigkeit p. 103.

**) Die unter diesem Namen citirten Zahlen sind mit Ausnahme der beiden letzten Reihen aus dem Werke von Vierordt genommen, der sie mit einer Correction von 2,5 Sec, versehen hat,

5 Sekunden, zuweilen aber auch eine so kurze Zeit braucht, dass sie der etwas unvollkommenen Zeitbestimmung von Hering entgeht; ferner dass der Weg zur Schenkelvene meist etwas längere Zeit in Anspruch nimmt als der zur entgegengesetzten Drosselader; der Quotient beider Zeiten nähert sich zwar der Einheit, aber er ist kein constanter; dieses führt eine Reihe von Vierordt noch weiter aus.

Zur ven. jugular. —	arter. crural. =	Quotient
18,9	21,8	0,87
18,0	20,5	0,88
15,0	16,7	0,90
13,5	13,5	1,00

Der geringe absolute Zeitunterschied für den Durchgang durch Bahnen von so wesentlich verschiedenen Längenunterschieden begreift sich aus Folgendem. Die mittlere um wie viel mehr die centrale Geschwindigkeit in den grösseren Arterien ist im Verhältniss zu ihrer Länge eine beträchtliche, d. h. es werden Arterienstrecken von der Länge des menschlichen Körpers in wenigen Sekunden durchlaufen. Daraus folgt unmittelbar, dass wenn ein gleichen Widerstand leistendes Capillarensystem am Herzen und an den Füssen bestände und man die Zeit bestimmen wollte, welche zwei gleichzeitig vom Herzen ausgehende Bluttheilchen verbrauchten, um durch das eine und das andere in die Venenanfänge zu gelangen, die durch die entferntern Systeme laufenden Theilchen nur um wenige Sekunden später dort anlangen würden, als das durch die nähern gehenden. Aehnliches wie von den Arterien dürfte von den grossen Venenstämmen gelten.

Die obigen Erfahrungen bedeuteten also auch, dass das Blut in allen Fällen den grössten Antheil der Uebertragungszeit in den Gefässen geringerer und geringster Lichtung zubringt.

So gering die absoluten Zeitunterschiede sind, so merklich weichen die Quotienten der Geschwindigkeit von der Einheit ab und Vierordt vermuthet mit Recht, dass dieses in noch höherm Maasse geschehen sein würde, wenn man das aus der untern Extremität kommende Blut statt aus der cruralis so nahe am Herzen aufgefangen hätte, wie an der entgegengesetzten jugularis. Da aber gerade bei der Vergleichung der Leistungsfähigkeit zweier Organe das Verhältniss, in welchem ihr Blut erneuert wird, in Betracht kommen dürfte, so ist es eine nicht zu vernachlässigende Aufgabe des Versuchs, noch so kleine Geschwindigkeitsunterschiede sicher zu stellen

b. Zieht man bei Berücksichtigung der Uebertragungszeit noch andere Umstände in dem sich die Thiere finden in Betracht, so ergiebt sich: 1°. In erwachsenen Thieren gleicher Gattung nimmt mit dem Gewicht auch die Uebertragungszeit zu. Vierordt giebt hierfür folgende Zahlen vom Hund.

Körpergewicht.	Uebertragungszeit zur ven. jugular.
1,8 Kilo	10,4″
6,8	14,3
8,8	15,7
22,5	19,4

2° Von Einfluss, doch nicht von immer gleichem ist auch die Schlagfolge des Herzens; namentlich fand Hering an denselben Pferd, welches bis dahin geruht hatte, 36 Pulsschläge mit der Uebertragungszeit von 22 Sec. War das Thier im Trab herumgetrieben, so erhob sich die Pulszahl auf 100 in der Minute und die Uebertragungszeit sank auf 17,5 Sec. — 3° Aderlässe mehren und mindern die Uebertragungszeit entsprechend dem bei der mittleren Querschnittsgeschwindigkeit Erörterten. — 4° Poiseuille giebt an, dass ein Zusatz von essigsauren Ammoniak und salpetersaurem Kali in sehr verdünnter Lösung dem Blut zugesetzt, die Uebertragungszeit des Salzes aus einer in die andere jugularis des Pferdes kürzt, ein Zusatz von Alkohol sie verlängert. Diesen Erfolg sah er aus seinen Versuchen über Aenderung der Reibung eines Wasserstroms in Röhren voraus.

Den Einfluss der Athmung, des Alters und Geschlechts bespricht ebenfalls Vierordt; die zu Grunde gelegten Versuche sind an Zahl zu gering, um zu allgemein giltigen Resultaten zu führen.

I. Ueber die Beziehungen der Constanten des Blutstroms zum Körpergewicht.

Vierordt benutzt die von ihm, Hering, Volkmann u. A. gefundenen Zahlen zur Bildung von Mittelwerthen für das Körpergewicht (k), die Blutmenge (b), die Dauer (t) und den Umfang (v) eines Herzschlags und die Uebertragungszeit (T) des Salzes von einem dem rechten Herzen nahen Orte bis zurück zu ihm, nachdem es den kleinen und grossen Kreislauf durchwandert hat. Indem er den derart beobachteten Werth der zuletzt genannten Zeit nach einer ihm annehmbaren Ueberlegung um $\frac{2}{25}$ erhöht hat, betrachtet er dieselbe als das Maass für die Zeit, welche nothwendig ist, um ein der Gesammtmenge des Blutes gleiches Volum durch das Herz zu führen. Die Mittelzahlen und Beziehungen, die sich darnach ergeben, sind für den Menschen, den Hund, das Ziegenböckchen und Kaninchen folgende: $k = 13{,}5\,b$; $b = 26{,}5\,v$; $k = 353\,v$; $T = 26{,}5\,t$. Demnach ist $\frac{Tv}{tk} = \frac{T}{k} = 13{,}3$; $\frac{T}{t} = \frac{b}{v} = 26{,}5$, und somit $vT = bt$. Bezeichnet man für ein Thier die Werthe mit T, v, t, k und für ein anderes

mit T', v', t', k', so muss, weil $\frac{Tv}{tk}$ eine Constante ist, $\frac{Tv}{tk} = \frac{T'v'}{t'k'}$ sein; deshalb ist auch $\frac{Tvk'}{t} = \frac{T'v'k}{t'}$, also $vk' = v'k$ u. s. w.

Die Zahl der Betrachtungen, aus welchen jene Mittel berechnet wurden, ist eine sehr geringe, was um so mehr ins Gewicht fällt, als die wirklich beobachteten Werthe in sehr weiten Grenzen auseinander liegen.

II. Von den verfügbaren und verlornen Arbeitskräften im Blutstrom*).

Um eine Summe aus den Kräften zu bilden, die zu irgend einem Zeitmoment dem bekannten Inhalt eines beliebigen Gefässabschnitts zukommt, muss man die Kraft dieses Blutvolums erst unter gleiche Benennung bringen. Dieses geschieht, wenn man nach den schon früher (p. 47) entwickelten Regeln die der Masse zukommende mittlere Geschwindigkeit in die entsprechende Spannung umsetzt. Diese Spannung addirt man dann zu derjenigen, welche als solche schon in jenem Blutgewicht enthalten ist, und multiplizirt endlich das letztere mit jener Spannungssumme. —

Geht man mit diesen einfachen Regeln an die thatsächliche Auswerthung, so stellt sich selbst in den am genauesten untersuchten Gefässabtheilungen überall ein Mangel an empirischen Daten heraus. Denn wenn es auch annähernd möglich ist, den Inhalt eines jeden Gefässrohrs anzugeben, und ebenso nach Vierordt sogar annähernd die mittlere Geschwindigkeit für jede einzelne Herzphase gegeben werden kann, so gilt dieses doch nicht mehr für die Spannungen, da uns in einem jeden Gefässe nur die Wand-, nicht aber die Centralspannung bekannt ist; wir können also nicht das Mittel aus allen Spannungen in einem solchen Blutvolum bilden; und dieses müsste doch offenbar der Rechnung zu Grunde gelegt werden. Dieser Ausfall ist aber nicht zu vernachlässigen, weil gerade in der Spannung die grössten Kraftantheile liegen, wie man sogleich sieht, wenn man z. B. den in der Carotis- oder Jugularengeschwindigkeit vergrabenen Kraftantheil mit der dort vorhandenen Wandspannung vergleicht. Setzt man z. B. als mittleren Werth für die Geschwindigkeit in der Carotis 292 Mm. in der Secde, so wird die daraus berechnete Geschwindigkeitshöhe = 0,44 Mm. Hg. Diese Zahl ist aber nur der 0,004. Theil von 110 Mm. Hg., wodurch die mittlere Wandspannung an jenem Orte ausgedrückt wird. Aber selbst in der vena jugularis, wo doch die Wandspannung sehr abgenommen, stellt sich das Verhältniss für praktische Bedürfnisse auch nicht wesentlich anders. Nach einer Bestimmung von Volkmann ist daselbst die mittlere Geschwindigkeit = 225 Mm. Dieses giebt eine Geschwindigkeitshöhe von 0,26 Mm. Hg.; dieses ist der 0,030. Theil der mittleren 8,5 Mm. betragenden Wandspannung.

Beabsichtigt man statt der lebendigen Kräfte der Blutmassen, die in einem Zeitmoment in einem Gefässabschnitt enthalten sind, diejenigen festzustellen, welche durch einen Querschnitt in einer beliebigen Zeit, z. B. während der Dauer einer Herzbewegung, fliessen, so würde man das Mittel aus den zeitlichen und räumlichen Druck- und Geschwindigkeitswerthen zugleich zu verwenden haben. Nun ist uns ein solches Mittel zwar für die Geschwindigkeit und die Wandspannung in einzelnen Fällen gegeben, aber dieses genügt nach dem schon Erwähnten nicht. Früher, als man noch

*) Dieses Lehrbuch 2. Bd. I. Aufl. p. 138. — J. R. Mayer, Archiv für physiol. Heilkunde IX. und X. Bd. — Ad. Fick Medicinische Physik p. 138.

unbekannt war mit der Veränderlichkeit des Drucks auf demselben Stromquerschnitt, setzte man nach dem Vorgang von J. R. Mayer die während einer Herzbewegung durch die Aorta strömende Blutmenge etwa = 0,175 Kilogramm, die mittlere Geschwindigkeit ungefähr = 0,4 Meter und das Mittel aus den zeitlichen Spannungsänderungen = 2,24 Meter; hieraus berechnen sich 0,406 Kilogrammeter als ungefährer Schätzungswerth für die disponible Arbeitskraft der Blutmenge, welche während der Dauer eines ganzen Herzschlages (systole und diastole) durch den Aortabogen geht.

Um endlich den Kraftverlust oder Kraftgewinn auf irgend einer Wegstrecke zu erfahren, muss der Unterschied der an jedem Orte zur Verfügung stehenden Arbeitskraft bekannt sein. Wäre also z. B. die Summe der Geschwindigkeits- und Spannungshöhe des in der Zeiteinheit durch die Vorhofsmündung strömenden Blutvolums bekannt und dasselbe von der in der Zeiteinheit durch die Aortamündung fliessenden Blutmasse, so würde aus dem Unterschiede beider die Arbeit hervorgehen, welche das Herz in das Blut gelegt hat (A. Fick). Man kann in diesem letzten Falle vor und hinter dem Herzen wiederum den auf die Geschwindigkeit entfallenden Antheil als verschwindend gegen den durch die Spannung dargestellten ansehen, und dann ergiebt sich, dass der Gewinn an Arbeitskraft durch das Herz für gleiche Volumina mit dem Unterschied zwischen der mittleren Wandspannung des Vorhofs und der Aorta proportional geht.

II. Von den Absonderungen.

Die Bewegungen der flüssigen Bestandtheile des Blutes beschränken sich nicht blos auf die Bahnen, welche ihnen durch die Gefässröhren vorgezeichnet sind, sondern sie durchbrechen auch die unverletzte Gefässwand. Diesem Vorgang, den man als Absonderung (secretio) bezeichnet, steht ein anderer, die Aufsaugung (resorptio), entgegen, welcher Flüssigkeiten, die die Gefässröhren umspülen, in diese selbst hineinführt. Diese beiden Bewegungen von entgegengesetzter Richtung erscheinen häufig gleichzeitig an demselben Orte, häufig auch getrennt von einander. Die Vermischung und Sonderung derselben ist wohl Veranlassung geworden, dass man diese Prozesse zum Theil vereint, zum Theil getrennt, gerade wie sie im Organismus erscheinen, abgehandelt hat. Wir werden im Nachfolgenden, dem Gebrauch der physiologischen Lehrer folgend, zwar vorzugsweise die Hergänge besprechen, welche mit einer Bewegung der flüssigen Blutbestandtheile von der innern auf die äussere Gefässwand verbunden sind; dabei beschränken wir uns aber nicht auf diese Betrachtung, sondern wir verfolgen auch die ausgetretenen Säfte in ihren weiteren Schicksalen und nehmen zugleich die Untersuchung einer unge-

kehrten Saftbewegung, einer Aufsaugung mit auf, wenn sie innig mit der Absonderung verbunden sein sollte.

Allgemeiner Theil.

Die allgemeinsten Forderungen, welche nach gewonnener Einsicht in die Eigenschaften des Gefässinhalts gestellt werden müssen, wenn wir die Absonderungserscheinungen begreifen sollen, verlangen: dass wir zu erfahren trachten die Eigenschaften der Flüssigkeit (Säfte, Sekrete), welche auf der äussern Gefässwand zum Vorschein kommen, die Beschaffenheit der Wege, auf welchen die Säfte durch die Gefässwand dringen, und endlich die Wirkungsweise der Kräfte, welche die Säfte aus den Gefässröhren herausbefördern. Ueber die Eigenschaften der Säfte lässt sich, wie es scheint, nichts allgemein Giltiges sagen, vorausgesetzt, es wollte die Aussage darüber hinausgehen, dass dieselben tropfbar oder gasförmig sein müssten. Anders verhält es sich dagegen mit den beiden andern Punkten.

1. Die Häute, durch welche die Absonderung stattfinden soll, müssen unzweifelhaft von Oeffnungen durchbrochen sein, weil sonst der Durchgang einer Flüssigkeit geradezu unmöglich sein würde. Die Umstände, durch welche die Häute auf die Absonderung von Einfluss werden, lassen sich somit zurückführen auf die Eigenschaften der Poren.

Gestützt auf unsere bisherigen Erfahrungen über die mechanische Zusammensetzung einer endlichen festen Masse überhaupt und die der thierischen Scheidewände insbesondere, wird man geneigt sein, zu unterscheiden zwischen wesentlichen und zufälligen Poren. Unter wesentlichen würden diejenigen zu verstehen seien, welche mit jedem Stoffe an und für sich gegeben wären; sie würden also die Zwischenräume darstellen, welche die Molekulen einer jeden endlichen festen, noch so gleichartigen Masse trennen. Die zufälligen Poren würden dagegen da zu finden sein, wo sich einzelne Stücke gleichartiger oder ungleichartiger Massen berühren. Während also die Form und Grösse der wesentlichen Poren nur abhängig wäre von den Molekularkräften innerhalb der gleichartigen Masse, würden die zufälligen bedingt sein durch die Gestalt der gleichartigen oder ungleichartigen Massenhäufchen, und den Druck, unter dem sie zusammengeballt wären. — Die mikroskopischen Aufschlüsse die wir über die meisten thierischen Häute und die der Gefässe insbesondere besitzen, deuten darauf hin, dass die zufälligen Poren sehr verbreitet vorkommen,

weil sie in Platten, Fasern, Kerne, Zellen u. s. w. zerlegt werden können.

Daneben wäre es aber möglich, dass in Hauttheilen, die uns unsern optischen Hilfsmitteln nach gleichartig erscheinen, namentlich insofern sie aus eiweissartigen und leimgebenden Stoffen zusammengesetzt sind, noch zufällige Poren vorkommen. Diese Annahme liegt darum nahe, weil es immer noch zweifelhaft ist, ob die sogenannten Lösungen jener Stoffe aus einer bis zur Spaltung des chemischen Atoms gehenden Vertheilung im Lösungsmittel oder aus einer Aufschwemmung sehr feiner Klümpchen jener Stoffe bestehen. Wäre, wie oft behauptet wird, das letztere der Fall, so wäre es auch fraglich, ob ein Niederschlag aus dieser in Wasser fein zertheilten Masse zur Darstellung einer homogenen Haut führen könnte.

Ein Flüssigkeitsstrom durch jede Art von Poren wird sich aber regeln nach der Form und den Ausmessungen der Porenlichte und nach dem Werth und der Richtung der Kräfte, welche von der Porenwand in die Lichtung hineinwirken; wobei es vorerst noch gleichgiltig ist, ob wir uns die Wandmolekulen bewegt oder ruhig denken. Die Untersuchungen hätten also die ganze oder wenigstens die relative Veränderung jener Grössen mit den variablen Bedingungen zu bestimmen.

Die Mittel, welche uns über die vorgenannten Eigenschaften unterrichten sollen, bestehen, insofern die Porosität dem Mikroskop unzugänglich ist, in dem polarisirten Licht, der Quellung, der Filtration, der Diffussion, und insbesondere werden alle diese Mittel bei verschiedenen Zuständen der Haut, als da sind Spannung, Volumsänderung, Temperatur u. s. w., angewendet.

Das polarisirte Licht giebt den Nachweis, ob die Häute ganz oder theilweise doppelt oder einfachbrechende Substanzen enthalten; es entdeckt also noch dort Ungleichartigkeiten, wo uns die Betrachtung mit gewöhnlichem Licht im Stich lässt. Dasselbe Mittel bei verschiedenem Quellungsgrad in Anwendung gebracht, zeigt unter Voraussetzung einer gemischten Struktur, ob die durch die Quellung erzeugte Ausdehnung sich vorzugsweise auf die einfach oder doppeltbrechenden Stoffe erstreckt u. s. w. — Dieses Mittel ist noch zu wenig benutzt worden. — Das Flüssigkeitsvolum, welches bei der Filtration durch die Flächeneinheit einer Membran strömt, giebt Andeutungen über die relative Porenweite, Porenlänge und den Reibungscoëffizienten, insofern bei gleichem Druck und gleicher Temperatnr die durchgehende Menge nur von jenen Bedingungen abhängt; ändert man die Temperatur der durchgehenden Flüssigkeit, die Quellung und den Spannungsgrad der Haut, so giebt sie auch Aufklärungen über die Veränderlichkeit jener Poreneigenschaften mit den erwähnten Variablen. Da insbesondere der Zustand der Poren von der Quellung abhängig ist, und diese letztre mit der Temperatur und der Zusammensetzung der filtrirten Flüssigkeit Hand in Hand geht, so sind die beim Filtrationsversuch gewonnenen Thatsachen nur dann zur Erklärung der Lebenseigenschaften zu verwenden, wenn sie sich rücksichtlich der erwähnten Bedingungen aufs genaueste den im Leben vorkommenden angeschlossen haben. — Die Flüssigkeitsbewegung, welche die Diffussion einleitet, unterscheidet sich von der durch den hydrostatischen Druck (Filtration) erzeugten dadurch, dass sie sich auch noch in Porenräume erstreckt, in welchen bei der letztern die Flüssigkeiten in Ruhe bleiben. Sie vervollständigt somit die Angaben der Filtration. — Da der Grad der

Quellung endlich einerseits von den Verwandtschaften der eingedrungenen Flüssigkeit in die Porenwand und andrerseits von der Cohäsion der festen Massentheilchen zu einander abhängt, so lassen ihre Ergebnisse Schlüsse über die Eigenschaften der Haut zu.

Die kurze Auseinandersetzung dessen, was die genannten Mittel leisten, lässt erkennen, dass sie mit einziger Ausnahme des polarisirten Lichtes nur sehr indirekte Aufschlüsse, die grössten Theils dazu noch mehrdeutig sind, über die Poreneigenschaften geben. Sie sind also mehr von praktischer als von theoretischer Bedeutung. Sollte aber die Verwicklung der Bedingungen auch hier die Theorie für immer illusorisch machen, so würde es um so dringender nothwendig sein, auf dem Wege des Versuchs vorzuschreiten, da ohne eine genaue Kenntniss dessen, was der Porus zur Absonderung beiträgt, das Eindringen in die letztere unmöglich ist.

Da unsre gegenwärtigen Vorstellungen über die thierischen Poren vorzugsweise aus der Diffusions- und Filtrationslehre geschöpft sind, so würde es im allgemeinen Theil zu Wiederholungen führen, wenn man die Thatsache mit Rücksicht auf die Porosität hier zusammenstellen wollte. Wir gehen also sogleich zu den Kräften über, welche Absonderung erzeugen. Rücksichtlich einiger Einzelheiten verweisen wir auf die besondern Häute, die Epidermis, Gefäss-, Darmschleimhaut u. s. w.

2. Die Kräfte, welche die Flüssigkeiten und Gase des Bluts durch die Poren treiben, bestehen nachweislich in Spannungsunterschieden der Flüssigkeit auf den beiden Seiten der Gefässhaut (Filtration und Gasdiffusion), in Anziehungen zwischen den Stoffen, die ausserhalb und innerhalb der Gefässe liegen (Hydrodiffusion), und endlich in eigenthümlichen Wirkungen der erregten Nerven auf den Gefässinhalt.

Daraus, dass uns keine weiteren Absonderungskräfte bekannt sind, schliessen wir natürlich nicht, dass ihre Aufzählung mit diesen dreien erschöpft sei.

a. Filtration.*) Unter diesem Vorgang versteht man einen Strom von Flüssigkeit, welchen ein hydrostatischer Druck durch

*) Liebig, Untersuchungen über einige Ursachen der Saftbewegung. 1848. 6. — Wistinghausen, experimenta quaed. endosmotica. Dorp. 1851. — C. Hoffmann, über die Aufnahme des Quecksilbers und der Fette. Würzburg 1854. — W. Schmidt Poggendorfs Annalen 99 Bd. 337. — Eckhard, Beiträge zur Anatomie und Physiologie 1858. p. 97. — Valentin, Lehrbuch der Phyhiologie 2. Auflage. 1847. I. Bd. p. 59. — Wittich, Virchow's Archiv X. Bd. 337.

die capillaren Porenräume der Membran hindurchtreibt. Mit Sicherheit sind solche Ströme bis dahin nur an Häuten beobachtet worden, welche aus gesondert unterscheidbaren anatomischen Elementen gewebt sind, wie die Harnblase, der Herzbeutel, das Bauchfell u. s. w. Der Nachweis wäre darum noch zu liefern, ob auch durch homogene Häute Filtration eingeleitet werden könnte und ob dies namentlich möglich wäre mittelst der verhältnissmässig niedrigen Drücke, deren Anwendung die thierischen Massen wegen ihrer geringen Festigkeit gestatten.

Am Filtrationstrom kann gegenwärtig nur zweierlei Gegenstand der Untersuchung sein, nämlich die chemische Zusammensetzung der strömenden Flüssigkeit vor und nach ihrem Durchgang durch die Membran und das Flüssigkeitsmaas, welches in der Zeiteinheit durch die Flächeneinheit der Membran geht.

Statt des letzteren Ausdruckes kann derjenige der relativen mittlern Geschwindigkeit darum nicht gewählt werden, weil die Ausmaase der Poren sich mit den Bedingungen selbst ändern, die auf die Geschwindigkeit von Einfluss sind; denn wegen der unvollkommenen Elastizität der Haut ändern sich die Poreneigenschaften mit dem Werthe und der Dauer des wirksamen Druckes, wegen der Quellbarkeit geschieht dasselbe mit der Zusammensetzung und der Temperatur der Flüssigkeit u. s. w.

Aber selbst wenn man nur beabsichtigt, das Volum der filtrirten Flüssigkeit als Folge der gleichzeitigen Aenderung in der Stromgeschwindigkeit und der Porendimension zu messen, ist es sehr schwer, vergleichbare Versuche zu erhalten, weil ausser der willkührlich und messbar eingeführten Aenderung im Druck, der Temperatur, der Zusammensetzung der Flüssigkeit u. s. w. und der davon abhängenden nicht weiter zu bestimmenden, aber gesetzmässig erfolgenden Porenänderung auch noch ganz andere Umstände, die sich weder bewältigen, noch ermessen lassen, auftreten und einen Einfluss auf das Beobachtungsresultat erhalten. Dahin gehört die Selbstzersetzung der Häute, das Löslich- oder Unlöslichwerden einzelner Bestandtheile derselben durch die strömende Flüssigkeit, ferner die Umänderung, welche die Haut in den physikalischen Zuständen erfährt, je nachdem sie vor dem Versuch kürzere oder längere Zeit eingetrocknet war u. s. w.

Wir stellen hier die Thatsachen zusammen, welche bei künstlich eingeleiteter Filtration beobachtet sind.

1⁰ Bei gleichem Druck und gleicher Membran nimmt die durchfliessende Menge von einem zum andern Versuche ab, wenn zwischen den beiden die Membran einige Zeit hindurch im eingetrockneten Zustand verweilt hatte. War sie dagegen in der Zwischenzeit feucht erhalten worden, und war sie vor Beginn des zweiten Versuchs einem hohen Druck ausgesetzt gewesen, so nimmt die durchgehende Menge zu. — 2⁰ Bei gleichem Druck und gleichem Quellungszustand nimmt bei einem über längere Zeit sich erstreckenden Filtrationsversuch die durchgehende Menge mit der Zeit zu. (Liebig, Wistingshausen, Schmidt.) Im Gegentheil fand Eckhard, der wie Schmidt mit destillirtem Wasser arbeitete, dass in der ersten Zeit eines solchen Filtrationsversuchs mit einer vollkommen aufgequollenen Membran die durchgehende

Menge wechselnd steigt und fällt; bei der weiteren Dauer des Versuchs nimmt aber dann die durchgehende Menge mit der Zeit ab. Entlastet man, nachdem die Wegsamkeit der Membram merklich gesunken, diese für einige Zeit und bewahrt sie im gequollenen Zustand auf und beginnt dann den Versuch von Neuem, so ist die durchgegangene Menge wieder gestiegen, wenn auch nicht zu dem ursprünglichen Werthe. — Für andere Flüssigkeit als destillirtes Wasser dürfte nach Analogie der Vorgänge an Papierfiltern mit der dauernden Filtration sich immer eine Verminderung der Wegsamkeit einfinden. — 3⁰ Alles andere gleich, wächst das durchgehende Volum mit der Spannung, die man der Haut beim Aufbinden gegeben (Schmidt). — 4⁰ Nicht in allen, wohl aber in einzelnen Fällen verändert sich die durchgehende Menge mit der Seite, welche die Membran gegen die Druckrichtung wendet; so z. B. bei dem Eischaalenhäutchen (Meckel). — 5⁰ Mit der Temperaturerhöhung der Membran, also auch derjenigen der durch letztre wandernden Flüssigkeit, steigert sich die Durchflussmenge. Das Gesetz, nach welchem die letztere wächst, lässt sich in einen empirischen Ausdruck fassen, der dem ähnlich ist, welchen Poiseuille und Hagen für die unter gleichen Umständen eintretende Geschwindigkeitssteigerung in Capillarröhren entworfen haben (Schmidt). — 6⁰ Mit dem steigenden Druck wachsen die durchlaufenden Mengen jedoch nicht so, wie es für Capillarröhren gilt, dass sich die bei verschiedenen Drücken durchgehenden Volumina verhalten wie diese; sondern so, dass, wenn der Druck um dieselben Unterschiede wächst, auch die Ausflussmengen jedesmal um einen constanten Unterschied wachsen. Daraus folgt, dass, wenn man die durchfliessenden Volumina als Ordinaten auf die als Abszissen geltenden Drücke aufrichtet, die Abhängigkeit zwischen beiden durch eine gerade Linie dargestellt wird. Die gegenwärtigen Versuche machen es ausserdem wahrscheinlich, dass der Druck erst zu einem gewissen Werthe angewachsen sein muss, bevor er ein Durchfliessen einleiten kann (Schmidt). Ueber die sorgsame Methode, durch welche dieses Ergebniss gefunden wurde, ist die Abhandlung von Schmidt nachzusehen. — 7⁰ Ueber den Einfluss der Zusammensetzung der filtrirenden Flüssigkeit gilt Folgendes: Bei Anwendung verschiedener gehaltvoller Lösungen desselben Salzes sinkt in allen Fällen die durchgehende Menge, wenn die Concentration von 0 bis 5 pCt. steigt; jenseits dieser Grenze steigt die Menge bei Anwendung von $KONO_5$ und $NaOSO_3$, sie sinkt noch weiter aber langsamer bei $NaONO_5$ und Na Cl. (Schmidt). Diese Ergebnisse weichen in wesentlichen Punkten ab von den durch Poiseuille an steifen Capillarröhren gefundenen. — Aus einem Gemenge jener Salze gehen Resultate hervor, die im Allgemeinen zwar in der Mitte zwischen denen liegen, welche die Componenten hervorgebracht haben würden; aber sie lassen sich nicht mit Genauigkeit im Voraus berechnen (Schmidt). — Rücksichtlich einiger anderer Flüssigkeiten stellt Wistingshausen die Regel auf, dass der Druck, welcher nothwendig sei, um in gleichen Zeiten eine merkliche Menge von Flüssigkeit durch eine Haut zu treiben, in dem Maasse abnehme, in welchem das Quellungsverhältniss zunehme. In der That ist es eine bekannte Erfahrung, dass man den Druck der Reihe nach steigern muss, wenn man durch Harnblasenwand oder Peritonäalhaut in gleichen Zeiten annähernd gleich viel Wasser, Salzlösung, Oel, Alkohol (Quecksilber?) hindurch treiben will. Wie aber Wasser zur Filtration den niedrigsten, Alkohol den höchsten Druck verlangt, so quellen auch die erwähnten Membranen viel mehr in Wasser als in Alkohol auf. — 8⁰ Durch die Anwesenheit einer Flüssigkeit in den Poren kann der Durchtritt einer andern erschwert oder erleichtert werden; so giebt z. B. die Anwesenheit von Oel in einer Harnblasenwand eine Hemmung für den Durchgang von Wasser, und umgekehrt hindert das eingedrungene Wasser den Durchtritt des Oels. Der

Grund dieser Erscheinung wird zum Theil wenigstens abhängig sein von der Spannung, in welche die einander zugekehrten Oberflächen zweier sich berührenden, aber nicht mischenden Flüssigkeiten gerathen müssen, weil die auf der Berührungsfläche gelegenen Theilchen von Seiten der gleichartigen einen stärkern Zug empfangen, als von Seiten der ungleichartigen. Diese Spannung drängt die Theilchen der Oberfläche zusammen, so dass jede derselben gleichsam mit einer Haut überzogen ist, welche ihr den Eintritt in den Porus verwehrt. Die Festigkeit dieser Haut wird sich aber steigern mit dem Unterschied der Züge nach der einen und der andern Richtung, indem diese alle möglichen Werthe zwischen einem Maximum und einem Minimum annehmen kann; je nachdem die beiden Flüssigkeiten entweder gar keine oder eine merkliche Anziehung zu einander zeigen, wird auch die Oberflächenspannung sehr verschiedenartig ausfallen. Es scheint nun, als ob auf diesem Wege eine Veränderung in der Dichtigkeit der einander berührenden Oberflächen zweier sich nicht mischender Flüssigkeiten, z. B. des Oels und Wassers, dadurch erzeugt werden könnte, dass man in dem Wasser gewisse Salze, z. B. gallensaures Natron, auflöst. Denn es sollen Fette durch eine mit einer wässerigen Lösung dieses Salzes getränkte Haut hindurchtreten können (Ochlenowitz, Hoffmann). —

Die Frage, ob mittelst der Filtration durch eine thierische Haut in einer homogenen Flüssigkeit eine chemische Scheidung veranlasst werden könne, ist durch die bisherigen Versuche je nach der Natur der aufgegossenen Flüssigkeit verschieden beantwortet. — Wird eine leichtflüssige Lösung wie z. B. der neutralen Salze und des Zuckers auf das Filter gebracht, so zeigte die durch das letztere gedrungene Flüssigkeit die Zusammensetzung der aufgegossenen. Diese Erscheinung ist besonders dann auffallend, wenn man die Flüssigkeiten auf die Membran bringt, welche von dieser scheinbar gar nicht unverändert aufgenommen werden können, wie z. B. conzentrirte Lösungen von Glauber- und Kochsalz. Diese Thatsache scheint in Verbindung mit anderen einmal zu erweisen (Bd. I. p. 72.), dass die in die Poren der aufquellenden Häute eingedrungenen Flüssigkeiten dort auf eine verschiedene Weise angeordnet sind, und dann, dass die Drücke, welche man zur Erzeugung des Filtrationsstromes angewendet hat, gerade nur hinreichen, um die Mittelschicht, nicht aber die Wandschicht der eingedrungenen Lösung zu bewegen. Sollte sich in der That ein allgemeiner Beweis für die Behauptung erbringen lassen, dass die Drücke, welche thierische Häute, ohne zu zerreisen ertragen können, nicht genügten, um die Wandschicht in Bewegung zu setzen, so würde damit dargethan sein, dass die Filtration durch eine thierische Haut keine chemische Scheidung in einer wahren Lösung veranlassen könnte. Jedenfalls müssen wir, so lange ein empirischer Gegenbeweis fehlt, an diesem Grundsatz

festhalten. Mit dieser Vorsicht ist man freilich nicht immer zu Werke gegangen, indem man sich auf die Ergebnisse der Filtration durch Kohle, Ziegelsteine u. s. w. berief, bei denen in der That die Zusammensetzung der durchgegangenen und der aufgegossenen Lösung verschieden sein können. Man übersah aber hierbei, dass die Kohle nur durch ihre Verwandtschaft zu den im Filtrat fehlenden Bestandtheilen jene Scheidung erzeugt. Denn der Stoff, welcher der durchgelaufenen Flüssigkeit fehlt, ist, wie die chemische Untersuchung des Kohlenfilters erweist, in ihm zurückgehalten worden. Aus diesem Grunde ist eine beliebige Menge von Kohle auch nur so lange als Scheidungsmittel brauchbar, als sie sich nicht mit jenem Stoff gesättigt hat; so wie dieses geschehen, geht auch die aufgegossene Flüssigkeit unverändert durch dieselbe. Käme nun in der That den thierischen Häuten, dem Blut oder andern Flüssigkeiten gegenüber, eine ähnliche Eigenschaft zu, so würde dadurch doch keine chemische Scheidung bewirkt werden können. Denn die thierischen Häute, welche sich an der Sekretion betheiligen, sind sehr dünn, und die Filtrationsströme gehen in gleicher Weise sehr lange Zeit durch sie hindurch, so dass der Stoff ihrer Porenwandungen sehr bald mit dem Blutbestandtheile, den sie zurückhalten könnten, gesättigt sein würde. Dauernd würden sie nur dann als chemisches Scheidungsmittel zu benutzen sein, wenn ihnen die Eigenschaft zukäme, gewissen Bestandtheilen einer aufgegossenen Flüssigkeit geradezu den Eintritt in ihre Poren zu verwehren.

Anders soll sich der Erfolg gestalten, wenn durch Papier filtrirte Lösungen von Gummi und Eiweiss noch einmal durch eine thierische Haut getrieben werden. Valentin und Schmidt stimmen (im Gegensatz zu Wittich?) darin überein, dass die durchgegangene weniger Eiweiss enthalte als die aufgegossene Flüssigkeit. Valentin giebt beispielsweise an, dass Hühnereiweiss, welches mit dem 6 bis 7fachen Volum Wasser verdünnt war, auf dem Filter 1,027, unter ihm aber 1,023 specifischen Gewichtes besass. Die beiden Autoren widersprechen sich aber insofern, als Valentin behauptet, dass der Dichtigkeitsunterschied beider Flüssigkeiten mit dem steigenden Druck abnehme, während Schmidt das Umgekehrte aussagt; nach ihm soll auch der Unterschied mit der Temperatur wachsen.

Die physiologische Bedeutung des Filtrationsstroms überhaupt erhellt, wenn man bedenkt, dass innerhalb des Thierleibs sehr häufig Flüssigkeiten von einem merklich verschiedenen

Spannungsgrad durch oft äusserst dünne Scheidewände getrennt sind. Als ein naheliegendes Beispiel hierfür dient die Blutflüssigkeit im Gegensatz zu den die Gefässe umspülenden Säften; denn für gewöhnlich überwiegt die Spannung der erstern die der letztern; darum sehen wir sehr häufig eine Absonderung lebhafter werden, wenn der Unterschied der Drücke zwischen beiden erwähnten Flüssigkeiten im Steigen begriffen ist. Diese mit einiger Wahrscheinlichkeit der Filtration zugeschriebene Flüssigkeitsbewegung tritt den Voraussetzungen entsprechend ein, wenn bei gleichbleibender Spannung des Bluts diejenige erniedrigt wird, welche den Lösungen ausserhalb der Gefässe zukommt, wie z. B. nach Entleerung der vordern Augenkammer, dem Abzapfen der Cerebrospinalflüssigkeit, der Entfernung oder Lockerung des Epitheliums, der Minderung des Luftdrucks u. s. f. Dasselbe ereignet sich, wenn bei gleichbleibender Spannung in der Umgebung der Gefässe die des Bluts sich steigert, sei es durch Vermehrung des gesammten Blutvolums oder durch Einführung von Stromhemmnissen u. s. w. — Von nicht geringer Bedeutung würde bei dem häufigen Vorkommen von Eiweisslösungen die Thatsache sein, dass diese, selbst wenn noch so sehr der Anschein des Gegentheils vorliegt, doch keine wahren Lösungen sind, so dass seine in dem Wasser schwimmende und durch dasselbe aufgelockerte Molekularhaufen zum Theil zu gross wären, um sich durch die engen Poren der thierischen Gewebe durchzwängen zu können. Denn damit würde je nach der Porendimension und der Vertheilung des Eiweisses ein sehr einfaches Mittel gegeben sein, um Flüssigkeiten mit ganz verschiedenem Prozentgehalt an Eiweiss aus derselben Mutterlösung zu erhalten und in den Gewebssäften zu vertheilen.

b. Diffusion. Die Theorie der Hydrodiffusion und insbesondere der Endosmose hat seit dem Erscheinen des entsprechenden Abschnittes im 1. Bd. nennenswerthe Fortschritte gemacht.*)

Die Veränderlichkeit der thierischen Haut, welche das Gewinnen gesetzmässiger Erscheinungen erschwert, die Ueberzeugung, dass die Diffussion durch Poren gleichartiger Häute (wir nannten sie die wesentlichen) sich anders gestalten müsse, als durch die zufälligen Poren solcher Stoffe, die aus sichtbar verschiedenen Ge-

---

*) A. Fick in Molescholtts Untersuchungen III. 294. — W. Schmidt, Poggendorfs Annalen B. 102. p. 122. — Eckhard, Beiträge zur Anatomie und Physiologie. 2. Heft. 1858. 112. — E. Hoffmann, das endosmot. Aequiv. des Glaubersalzes. Giessen 1858. Meissner, Jahresbericht für 1857. 195.

webstheilen zusammengesetzt waren, führte theils zur Anwendung von Scheidewänden aus gebranntem Thon im Gegensatz zu solchen aus Collodium (Buchheim, A. Fick), theils zur Anwendung der Linsenkapsel als einer möglichst gleichartigen thierischen Haut (Wittich, Virchow, Meissner), ferner zur Aufsuchung der Veränderungen, welche verwickelter gebaute Häute, wie z. B. der Herzbeutel selbst unter solchen Umständen erfahren, die man bisher für einflusslos gehalten hatte (Eckhard, W. Schmidt.)

Die sehr feinen Collodiumhäute, welche A. Fick zu seinen Versuchen brauchte, empfehlen sich dadurch, dass sich an ihnen höchst wahrscheinlich nur ein Strom durch die wesentlichen Poren geltend macht; immerhin kann aber, wenn man ihre Enstehung durch Verdunstung berücksichtigt, nicht geleugnet werden, dass sie auch zufällige Poren enthalten möchten, dargestellt durch feine Spalten, welche bei ungleichmässigem und ungleichzeitigem Eintrocknen im Innern der Haut entstehen müssen, während das äusserste Blatt schon fest geworden ist. Für das Vorhandensein dieser oder ähnlicher Unregelmässigkeiten spricht insbesondere der Umstand, dass der Widerstand, welchen sie dem Diffussionsstrom bieten, nicht mit der Dicke wächst. Unerwarteter als diese Erfahrung ist die andere, dass beim Aufenthalt in Salzlösungen (Na Cl) sich ihre Durchgängigkeit für das Salz mehrte (A. Fick), während sie sich für das Wasser unverändert erhält. — Die Veränderungen, welche der Herzbeutel mit der Versuchszeit eingeht, bewirken eine Aenderung der Quellungsfähigkeit, der Wegsamkeit für den Salzstrom und die Aenderung des endosmotischen Aequivalents. Wendet man ein frisches, nur mit Wasser ausgewaschenes, aber vor Beginn des Versuchs nicht getrocknetes Stück an, so gewinnt man mit ihm (für NaCl und $NaO\ SO_3$) sehr übereinstimmende endosmotische Aequivalente, selbst wenn man die Häute aus ganz verschiedenen Thieren benutzt hat. Eingetrocknete und wieder aufgeweichte Häute geben ein höhers endosmotisches Aequivalent (Eckhard), was wahrscheinlich von einer Vermehrung des Widerstandes für den Salzstrom abhängt (Schmidt). Gerade wie bei Collodiumhaut wird aber auch hier durch längeren Aufenthalt in der Lösung eines Salzes die Wegsamkeit für das letztere erhöht.

Statt dem bisherigen Gebrauch gemäss nur das Verhältniss der Ströme, die von den beiden Grenzflächen ausgehen (das endosmot. Aequivalent), zu messen, haben die neueren Arbeiten indem sie Zeitbestimmungen mit aufnahmen, die absolute Geschwindigkeit der einzelnen Ströme festgestellt. Solche Geschwindigkeitsmessungen sind ausgeführt an Strömen, die nach der einen Richtung Wasser, nach der andern Kochsalz, Glaubersalz, Chlorkalcium und Zucker mitnahmen.

Der Wasserstrom gewinnt an Geschwindigkeit 1⁰ mit der Temperatur der diffundirenden Massen (Fick, Eckhard) und zwar am Herzbeutel nach einem Gesetze, welches durch dieselben Coëffizienten dargestellt wird, das den Filtrationsstrom durch dieselbe Haut regelt. — 2⁰ Seine Geschwindigkeit wächst mit dem Unterschied des Gehaltes an den Stoffen in den beider-

seitigen Flüssigkeiten. Versteht man unter Gehalt den Bruch aus dem Gewicht des aufgelösten Salzes (s) durch das Gewicht der gesammten in der Lösung vorhandenen Einzelgewichte des Wassers (w) und des Salzes s also $\frac{s}{s+w}$, so gilt für Collodiumhaut und Na Cl Lösung, dass der Wasserstrom um ein weniges langsamer steigt als der Gehalt (A. Fick); für Herzbeutel und $Na\,O\,SO_3$-Lösung steigt die Geschwindigkeit des Wasserstroms, wenn der Gehalt der Lösung von 0 bis zu etwa 1 p.c. anwächst, dann sinkt sie rasch und wächst bei weiter steigendem Gehalt abermals und zwar bis zum möglichen Maximum des Salzgehaltes proportional der Dichtigkeit. Befindet sich ungelöstes Glaubersalz auf der Membran, so steigt abermals die Geschwindigkeit plötzlich (W. Schmidt). — Rücksichtlich der niedern Conzentration verhält sich der Wasserstrom, der durch eine Thonscheidewand zum Na Cl geht, ähnlich, indem die Geschwindigkeit bei dem Wachsen der Conzentration von 0 bis 0,2 p. c. sehr rasch zunimmt, von da bis 1,0 p. c. wieder rasch abnimmt und von da ab wieder bis zu 26,5 p. c. stetig mit der Conzentration steigt (A. Fick, Graham). — 3⁰ Wenn der Wasserstrom welcher durch eine Collodiumhaut zum Kochsalz geht = 1 gesetzt wird, so ist, gleicher Prozentgehalt der entgegenstehenden Lösung vorausgesetzt, die Geschwindigkeit des Stroms zum Zucker = 0,15 und zum Chlorkalcium = 0,7. (A. Fick).

Die Geschwindigkeit des Salzstroms steigt 1⁰ mit der Temperatur genau wie der Wasserstrom (Schmidt); 2⁰ mit dem Gehalte der Lösung und zwar bei Anwendung von Na Cl und Thonscheidewand oder $NaO\,SO_3$ und Herzbeutel direkt wie das Wachsthum des Gehaltes (A. Fick, W. Schmidt); 3⁰ bei frischen Collodiumhäuten und getrockneten Herzbeuteln mit der Aufenthaltszeit in der betreffenden Lösung.

Aus diesen Erfahrungen leitet sich ab 1⁰ dass das endosmot. Aequivalent von der Temperatur unabhängig ist; 2⁰ dass es sich für Koch- und Glaubersalz mit der Conzentration ändert und zwar für Glaubersalz und Herzbeutel ganz nach der von C. Ludwig angegebenen Weise (Schmidt); 3⁰ dass die Aequivalente bei Anwendung getrockneter Herzbeutel und frischer Collodiumhaut höher sind als bei langer Zeit in der betreffenden Lösung aufgeweichten; hierzu fügt Eckhard, dass es für den Werth der endosmotischen Aequivalentes gleichgültig sei, ob man die freie oder die angewachsene Fläche des Pericardiums gegen die Salzlösung wende,

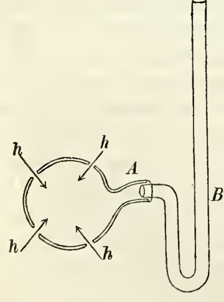
und ebenso ob der Salzstrom auf- oder absteigend durch die Membran gehe.

Auf dem Wege der Diffussion müssen unzweifelhaft Blutbestandtheile aus den Gefässröhren in die umgebenden Gewebe geführt werden, weil diese letztern mit wässerigen Flüssigkeiten erfüllt sind, deren Zusammensetzung von der Blutflüssigkeit abweicht. Ueber diese Strömungen lässt sich im Allgemeinen angeben: 1) Sie werden nach den Prinzipien für die endosmotischen Strömungen zu beurtheilen sein, weil die beiden Flüssigkeiten durch eine thierische Haut getrennt sind. — 2) Die Ströme werden während der ganzen Lebensdauer ununterbrochen fortbestehen, weil nemlich zahlreiche Einrichtungen angebracht sind, welche es verhüten, dass die Flüssigkeiten an den beiden Seiten der Membran eine gleiche Zusammensetzung erlangen. Diese ununterbrochene Dauer des Stroms schliesst aber natürlich ein Steigen oder Fallen seiner Geschwindigkeit nicht aus, im Gegentheil, es wechselt aus verschiedenen Gründen die mittlere Geschwindigkeit der Diffusionsströme mit der Zeit sehr merklich. — 3) Die Flüssigkeit, welche sich in dem Strom bewegt, kann niemals die Zusammensetzung des Blutes haben; denn es besitzen die einzelnen Blutbestandtheile eine ganz ausserordentlich ungleiche Diffusionsgeschwindigkeit, ein Unterschied, der namentlich zu gross zu sein scheint, als dass er durch die ungleichen Prozentgehalte wieder compensirt werden könnte. — 4) Die Ströme, welche an verschiedenen Orten des thierischen Körpers vorkommen, werden Flüssigkeiten von ganz abweichender Zusammensetzung führen. Dieses geschieht nachweisslich darum, weil die auf der äussern Gefässfläche dem Blute entgegengesetzten Stoffe nicht überall dieselben sind. So ist z. B. an dem einen Orte das Gefäss von Luft, an dem andern aber von wässeriger Feuchtigkeit umgeben und demnach tritt dort eine Gas- und hier eine Hydrodiffusion ein. Dabei bleibt aber der Unterschied nicht bestehen, sondern es finden sich auch bedeutende Abweichungen in den die Gefässhaut umgebenden wässerigen Lösungen. Je nachdem also der eine oder andere Stoff in der Lösung vorkommt, wird auch bald dieser oder jener Blutbestandtheil lebhafter angezogen werden oder auf seinem Wege durch die Haut mehr oder weniger Widerstand finden. — Zu diesen nachweislichen Gründen für eine grosse Mannigfaltigkeit in der Zusammensetzung der aus dem Blute tretenden Säfte fügt man vermuthungsweise noch einen andern, den nemlich, dass die verschiedenen

thierischen Häute wegen der ursprünglichen Abweichung in ihrer Zusammensetzung oder in ihrer sonstigen molekularen Anordnung eine ungleiche Durchgangsfähigkeit für dieselben Flüssigkeiten besitzen sollen. Diese Vermuthung stützt man auf die im I. Bd. p. 79. 3 angeführten Versuche, welche allerdings noch einer weitern Bestätigung bedürfen, die Meissner*) zu geben verspricht. — 5) Die auf Diffusion beruhenden Absonderungen sind jedesmal mit einem Strom im umgekehrten Sinn, mit einer Resorption, verbunbunden.

c. Nervenerregung**). Eine beschränkte Zahl von Drüsen (und die Lymphgefässanfänge?) bringen die Absonderung ihrer Säfte zu Stande unter Mitwirkung der in sie eintretenden Nerven. Der Mechanismus, durch welchen der erregte Nerv die Absonderung einleitet, ist unbekannt; keines Falls aber ist der Nerv dadurch wirksam, dass er den Blutdruck innerhalb der Gefässe, welche die Drüse durchsetzen, partiell steigert, indem er die Durchmesser jener Gefässe verändert. Dieses wird darum zur Gewissheit, weil der Druck, unter welchem der abgesonderte Saft in den Drüsengang einströmt, weit grösser ist, als der, unter welchem gleichzeitig der Inhalt der Blutgefässe gespannt ist; ja noch mehr, es kann der erregte Nerv auch noch zu einer Zeit die Absonderung hervorrufen, in welcher das in der Drüse enthaltene Blut weder strömt, noch überhaupt gespannt ist.

Fig. 49.



Der Absonderungsdruck wird dadurch gemessen, dass man in den Ausführungsgang einer Drüse *A* (in der schematischen Fig. 49.) ein Manometer *B* einbindet. Dringt Flüssigkeit durch die Poren der Drüsenwand *hh* in das Innere des Drüsenbläschens, so wird sie allmählig auch in das den Ausführungsgang verschliessende Manometer dringen und das Quecksilber desselben so lange emporheben, bis der Druck, den die Quecksilbersäule ausübt, gross genug ist, um der Gewalt, mit welcher der Drüsensaft durch die Poren strömt, das Gleichgewicht zu halten. Der Absonderungsdruck ist also nichts anderes, als die in einer beliebigen Flüssigkeit ausgedrückte Druckhöhe, unter welcher die abgesonderten Säfte in die Drüse gepresst werden.

Obwohl die Absonderung unabhängig vom Blutstrom eintreten kann, so vermag sie sich doch nicht ohne Zuthun desselben auf die Dauer zu erhalten. So hat

*) Jahresbericht über Physiologie für 1857.

**) C. Ludwig in Henle's und Pfeufer's Zeitschrift. N. F. I. Bd. — Czermak, Wiener Sitzungsberichte Bd. XXV. — C. Ludwig und A. Spiess, Wiener Sitzungsberichte.

Czermak gefunden, dass die Erregung der zur gl. submaxillaris gehenden sympathischen Zweige die Speichelabsonderung, welche durch die gleichzeitige Erregung des Astes von Ram. lingualis eingeleitet war, ziemlich rasch zu unterdrücken vermag; die Reizung des Sympathicus bringt aber auch zugleich eine auffallende Verlangsamung, ja eine vollständige Stockung des Blutstroms hervor. Umgekehrt pflegt sich zu jeder im gesunden Thier eintretenden Absonderung auch eine raschere Blutströmung durch die Drüsen zu gesellen. (Cl. Bernard). Die von Czermak gefundene Thatsache lässt freilich auch noch andere Erklärungen zu.

Den Eigenschaften der Nerven entsprechend wird die von ihnen abhängige Absonderung keine stetige, sondern eine durch längere oder kürzere Zeiten unterbrochene sein, sie wird nur eintreten können, wenn der Nerv erregbar ist. In der That tritt sie aber, die Erregbarkeit der Nerven vorausgesetzt, nur dann ein, wenn der Drüsennerv wirklich erregt wird; dieses geschieht aber, soweit wir wissen, ganz unter denselben Umständen, unter denen auch der Muskelnerv zur Erregung kommt; und es wächst dann die Geschwindigkeit der Absonderung, alles andere gleichgesetzt, mit der Intensität der Erregung.

Mit dem Eintritt der Absonderung erhöht sich jedesmal die Temperatur der Drüse, denn es sind die aus ihr hervorkommenden Speichel- und Blutmassen höher erwärmt als das eintretende Blut. Dieser Wärmezuwachs scheint mit dem Erregungswerth der Drüsen zuzunehmen (C. Ludwig, A. Spiess).

Die Säfte, welche durch dieses Hilfsmittel dem Blute entzogen werden, sind erfahrungsgemäss durchaus anders zusammengesetzt, als die Blutflüssigkeit. Ob sie aber in allen dem Nerveneinfluss unterworfenen Drüsen gleich oder ungleich sind, lässt sich nicht angeben. Allerdings weicht die Zusammensetzung der einzelnen Nervensekrete, wie z. B. Thränen und Speichel, von einander ab, aber es kann diese Thatsache nicht als ein Beweis dafür angesehen werden, dass durch Vermittelung des Nerven in die beiden Drüsen verschiedenartige Säfte geführt worden seien, und zwar darum nicht, weil es sich nicht darthun lässt, ob nicht noch andere Sekretionsursachen, z. B. eine Diffusion, sich an der Bildung von Thränen oder Speichel betheiligt haben.

Um den Einfluss der Nerven auf die Absonderung zu erklären, hat man die Führung der Flüssigkeit durch den elektrischen Strom zu Hilfe genommen. Obwohl sich sehr viele Wahrscheinlichkeitsgründe zur Unterstützung dieser Annahme zusammenfinden lassen, so fehlt doch noch viel, bevor es erlaubt sein dürfte, dieses ganz neue Erklärungsprinzip in einem Lehrbuch zu erörtern.

3. Weitere Veränderungen der abgeschiedenen Säfte. Die Flüssigkeiten, welche durch irgend eine der bezeichneten Kräfte

aus dem Blutstrom auf die äussere Fläche der Gefässhaut befördert sind, gelangen dort, je nach dem Organ, in welchem die Absonderung vor sich ging, unter besondere Bedingungen, welche bei aller sonstigen Verschiedenheit doch darin übereinstimmen, dass sie eine Veränderung der ausgeschiedenen Säfte anbahnen und vollenden; diese Veränderungen betreffen ebensowohl die chemische Zusammensetzung, als auch den Aggregatzustand derselben.

a. Chemische Umsetzungen der ausgeschiedenen Stoffe. Die Thatsachen, auf welche eine theoretische Uebersicht derselben gebaut werden könnte, sind gegenwärtig noch in keinem Falle mit genügender Schärfe festzustellen. Hierzu gehörte vor Allem eine genaue Einsicht in die Zusammensetzung ebensowohl der ursprünglich ausgeschiedenen als auch der später veränderten Flüssigkeiten, und nicht minder eine Kenntniss aller der Umstände, durch welche der jedesmal in Betracht gezogene Ort eine chemische Umwandlung einzuleiten vermöchte. Der organischen Chemie kann es nicht zum Vorwurf gereichen, dass sie die Schwierigkeiten, welche sich der Lösung einer solchen Aufgabe entgegenstellen, bis dahin nicht zu heben vermochte.

Wir vermuthen mit einem hohen Grade von Wahrscheinlichkeit, dass die chemischen Umsetzungen, welche in den ausgeschiedenen Blutbestandtheilen vor sich gehen, sich erstens vorzugsweise beziehen auf die organischen Substanzen derselben und insbesondere auf die eiweiss- und fettartigen Stoffe. Diese Vermuthung entspringt aus der nicht unbeträchtlichen Zahl von Erfahrungen über die Zusammensetzung einzelner in den thierischen Geweben vorkommender Stoffe; diese letztern bestehen nemlich fast sämmtlich aus Atomen, welche nur mittels des Eiweisses oder der Fette in die Gewebe gelangt sein können. Die einzigen Ausnahmen von dieser Regel bilden, so weit wir wissen, die Salzsäure des Magens und einige Verbindungen organischer Säuren mit Natron, welche durch die Zersetzung des Chlornatriums und des kohlensauren Natrons entstanden sein müssen.

Wir geben sogleich ein Verzeichniss derjenigen Stoffe, welche aus einer Umsetzung des Eiweisses und der Fette abgeleitet werden müssen. Aus dieser Aufzählung schliessen wir jedoch alle diejenigen Produkte aus, die uns, wie das Lecithin, Excretin, Xanthoglobulin, einige Farbestoffe u. s. w., nur nach ihren Verwandtschafts- oder Crystallisationseigenschaften, nicht aber nach ihrer Zusammensetzung bekannt sind.

Die in die Tabelle aufgenommenen Stoffe sind in zwei Spalten geordnet, von denen die eine alle diejenigen Atomgruppen enthält, welche man mit Gewissheit oder Wahrscheinlichkeit als Abkömmlinge des Eiweisses ansieht, während die andere die Abkömmlinge der Fette enthält. — Die Atomgruppen der ersten Spalte sind mit wenigen Ausnahmen nach ihrem relativen Gehalt an Stickstoff in der Art geordnet, dass die an diesem Elemente ärmeren vorangestellt wurden.

Zersetzungsprodukte, an deren Bildung betheiligt war Eiweiss = $C_{72} H_{56} N_9 O_{22} S_1$ (Lieberkühn), Verhältniss des C : N = 8 : 1.			Zersetzungsprodukte, an deren Bildung betheiligt wird Stearin = $C_{114} H_{114} O_{16}$ u. Olein = $C_{42} H_{40} O_8$.	
Namen der Abkömmlinge.	Zusammensetzung.	Verhältnisszahl zwischen C- und N-atomen; N=1.	Namen der Abkömmlinge.	Zusammensetzung.
Zucker (Amylon)	$C_{12} H_{12} O_{12}$		Margarinsäure	$C_{34} H_{34} O_4$
Milchsäure	$C_6 H_6 O_6$		Palmitinsäure	$C_{32} H_{32} O_4$
Phenylsäure	$C_{12} H_7 O_2$		Capronsäure	$C_{12} H_{12} O_4$
Taurylsäure	$C_{14} H^9 O_2$		Buttersäure	$C_8 H_8 O_4$
Damalursäure	$C_{14} H_{12} O_4$		Propionsäure	$C_4 H_4 O_4$
Taurocholsäure	$C_{52} H_{45} N_1 O_{14} S_2$	52	Ameisensäure	$C_2 H_2 O_4$
Glycocholsäure	$C_{52} H_{43} N_1 O_{12}$	52	Oxalsäure	$C_2 O_3$
Indican	$C_{52} H_{35} N_1 O_{36}$	52	Bernsteinsäure	$C_4 H_3 O_4$
Cerebrin (Müller)	$C_{34} H_{33} N_1 O_6$	34	Glycerin	$C_6 H_8 O_6$
Tyrosin	$C_{18} H_{11} N_1 O_6$	18	Cholestearin	$C_{28} H_{24} O$
Hippursäure	$C_{18} H_9 N_1 O_6$	18	Kohlensäure	CO_2
Biliverdin	$C_{16} H_9 N_1 O_5$	16	Wasser	HO
Biliphain	$C_{32} H_{18} N_2 O_0$	16		
Leucinreihe { Müller	$C_8 H_9 N_1 O_4$	8		
Leucinreihe { Gorup	$C_{12} H_{13} N_1 O_4$	12		
Leucinreihe { gewöhnl.	$C_{10} H_{11} N_1 O_4$	10		
Hydrotsäure	$C_{10} H_9 N_1 O_{11}$	10		
Chondrigen	$C_{32} H_{26} N_4 O_{14}$ S(?)	8		
Elastischer Stoff	$C_{52} H_{40} N_7 O_{14}$	7,4		
Colla	$C_{13} H_{10} N_2 O_5$	6,5		
Cystin	$C_6 H_6 N_1 O_4 S_2$	6		
Taurin	$C_4 H_7 N_1 O_6 S_2$	4		
Inosinsäure	$C_{10} H_7 N_2 O_{11}$	5		
Kreatin	$C_8 H_9 N_3 O_4$	2,6		
Kreatinin	$C_8 H_7 N_3 O_2$	2,6		
Hypoxanthin (Sarkin)	$C_5 H_2 N_2 O$	2,5		
Harnsäure	$C_5 H_2 N_2 O_3$	2,5		
Alantoin	$C_8 H_6 N_4 O_6$	2		
Harnstoff	$C_2 H_4 N_2 O_2$	1		
Trimethylammin	$C_6 H_9 N_1$	6		
Ammoniak	$H_3 N_1$			
Stickgas	N			
Schwefelsäure	SO_3			
Kohlensäure	CO_2			
Wasser	HO			

Die Arbeiten der Chemiker haben uns die wichtige Aufklärung verschafft, dass zwischen den verschiedenen Gliedern dieser grossen Reihe eine eigenthümliche Beziehung besteht, die darin liegt, dass alle Abkömmlinge des Eiweisses innerhalb des thierischen Leibes, so verschieden sie auch ursprünglich gewesen sein mögen, sich doch schliesslich verwandeln in Harnstoff, Ammoniak, Stickgas, Schwefelsäure, Kohlensäure und Wasser, und diejenigen der Fette in Kohlensäure und Wasser. Diese eben erwähnten Stoffe haben die eine physiologische Eigenthümlichkeit gemein, dass sie sämmtlich in die Organe (Lunge, Haut, Niere) abgesondert werden, deren Inhalt im regelmässigen Verlaufe des Lebens aus dem thierischen Körper wieder entleert wird. Darum ist man auch übereingekommen, sie mit dem Namen der Auswürflinge zu bezeichnen.

Zwischen den Fetten und dem Eiweiss einerseits und den Auswürflingen oder den letzten Produkten des thierischen Stoffwechsels anderseits liegt somit eine grosse Zahl von Atomgruppen in der Mitte, welche man als die allmähligen Uebergänge der wesentlichen Bestandtheile des Bluts in die des Harns, der Lungen und des Hautdunstes ansehen kann. Diese Mittelprodukte verdienen hier noch einige Aufmerksamkeit.

Rücksichtlich ihrer Entstehung kann als gewiss angesehen werden, dass die Bedingungen für diese Umsetzungen erster Ordnung, wie wir sie nennen wollen, sich nicht gleichmässig durch den ganzen Körper hindurch vertheilt finden, so dass in einem jeden Organe ein jedes dieser Produkte zum Vorschein kommen könnte, im Gegentheil, es knüpfen sich an bestimmte Organe auch ganz bestimmte Umsetzungsprozesse. In diesem Sinne kann also ein jedes Organ als ein specifischer chemischer Herd betrachtet werden. So wird u. A. gebildet im Hirn: Cerebrin, Lecithin, Kreatin, Milchsäure, flüchtige Fettsäuren aus der Gruppe $C_{2n}H_{2n}O_4$, Cholestearin (?) (Frem, Gobley, W. Müller); in den Muskeln: die niedern Glieder der Fettsäurenreihe von der Buttersäure abwärts; Milchsäure, Inosinsäure, Hypoxanthin, Kreatin, Kreatinin und Muskelzucker (Liebig und Scherer); in der Leber: Biliphain und Biliverdin (Heintz), Haematoidin (Valentiner), Glyco- und Taurocholsäure (Strecker), Tyrosin und Leucin (Frerichs und Staedeler), Amylon, Traubenzucker (Bernard); Inosit (Cloetta); in der Milz und dem Pankreas: Leucin (Frerichs, Staedeler, Virchow), Hypoxanthin, Harnsäure (Scherer) und Inosit (Cloetta);

in der Lunge: Taurin Harnsäure, Inosit (Cloëtta); in den Synovialsäcken, Schleim- und Speicheldrüsen: Schleimstoff; in den Milchdrüsen: Casein und Milchzucker; in dem Bindegewebe und den Knochen Collagen; in dem elastischen Gewebe: elastischer Stoff; in den Knorpeln: Chondrin (J. Müller); in den Epithelialzellen und den Haaren: eine sehr schwefelreiche Atomgruppe (Mulder) u. s. w.

Der Mechanismus, durch welchen in den bezeichneten Orten die Umsetzung eingeleitet wird, ist nun freilich noch in Finsterniss gehüllt, welche, so tief sie auch sein mag, uns doch wenigstens erkennen läst, dass die aufgezählten Produkte aus Fetten und Eiweiss gebildet wurden, entweder mittelst einer blossen Umlegung ihrer Atome ohne gleichzeitige Veränderung ihrer Zahl, oder durch eine einfache Spaltung, oder durch eine Spaltung mit nachfolgender Wiedervereinigung einzelner Spaltungsprodukte, oder endlich durch eine Spaltung, welche von einer theilweisen Oxydation begleitet wurde. Es wird erst die Aufgabe der besondern Absonderungslehre sein können, im einzelnen Fall auf die wahrscheinlichste Entstehungsweise der einzelnen Produkte hin zu deuten; im Allgemeinen lässt sich aber hier gleich einsehen, dass das gleichzeitige Erscheinen von stickstofffreien und stickstoffreichen oder schwefelfreien und schwefelreichen Atomgruppen in einem und demselben Organe sich am einfachsten erklärt durch eine Spaltung der Eiweissatome.

Die Zusammensetzung der Auswürflinge oder derjenigen Stoffe, welche als Abkömmlinge aus der ersten Umsetzung anzusehen sind, deutet auf eine einfachere Entstehungsweise. Sie tragen nemlich sämmtlich den Stempel des Oxydationsprozesses, indem sie entweder, wie das HO, CO_2, SO_3 und Harnstoff, selbst sehr sauerstoffreiche Atome darstellen, oder, wie H_3N und N gas, zu den Produkten gehören, welche bei einer energischen Oxydation der eiweissartigen Stoffe immer auftreten. Da nun die gesammten aus dem Blut ergossenen und dem Umsatz anheimgegebenen Eiweiss- und Fettstoffe schliesslich in diese Verbrennungsprodukte übergehen, so ist es erlaubt, den thierischen Stoffumsatz im Ganzen mit einem Verbrennungsprozess zu vergleichen; dieser Oxydation muss aber immer erst eine anderweite Zerlegung der wesentlichen Blutbestandtheile vorausgegangen sein, welche ihr die Brennstoffe liefert.

Dieser letzte Akt des thierischen Stoffumsatzes, die Verbrennung, findet seine Bedingungen demnach auch im thierischen Körper

häufiger vor als der, welcher die Bildung jedes einzelnen der Zersetzungsprodukte erster Ordnung veranlasst, denn es muss überall, wo überhaupt eine Zersetzung statt findet, auch die Verbrennung sich einfinden, vorausgesetzt nur, dass dem mit Sauerstoff geschwängerten Blutstrom Zutritt zu dem Herde der Umsetzung gestattet ist. Aber selbst die erstere der eben aufgestellten Bedingungen braucht nicht einmal erfüllt zu sein. Denn es werden auch Zersetzungsprodukte nach den Orten, welche selbst keine erzeugen konnten, hingeführt werden müssen; viele derselben sind nicht allein löslich, sondern sie diffundiren auch leicht durch die Gefässhäute, so dass sie mit dem Blute überall hindringen. Möglicher Weise stellen sich sogar in diesen Orten die Bedingungen für die weitere Umsetzung günstiger als in den Ursprungsstätten, so dass man sagen kann, es führe das zweite Organ die Zersetzung weiter, welche das erste eingeleitet hatte.

Diese allgemeinen Betrachtungen können vielleicht zu zwei irrthümlichen Schlussfolgerungen verleiten; man könnte erstens zu der Annahme verführt werden, dass erst dann eine Zersetzung der wesentlichen Blutbestandtheile möglich sei, nachdem sie ausserhalb des Gefässraums getreten wären. Dieses ist aber weder zu beweisen, noch auch wahrscheinlich; denn, wenn man auch von allen andern Gründen absieht, die erst später verständlich sind, so ist doch mindestens sogleich einleuchtend, dass im Blute die leicht oxydablen Abkömmlinge der Fette und des Eiweisses eben so gut der Verwesung anheimfallen müssen, als in diesem oder jenem Organe um so mehr als das Blut ein nachweissliches Ferment enthält. — Im Gegensatz hierzu könnten die obigen Bemerkungen zu der Behauptung veranlassen, dass alles Eiweiss und alle Fette, welche einmal die Blutgefässe verlassen hätten, auch nothwendig eine Beute des Umsatzes würden, so dass die Atome, welche dieses Eiweiss zusammensetzten, nicht eher wieder in das Blut zurückkehren könnten, bis sie sich zu Zersetzungsprodukten erster oder zweiter Ordnung umgestaltet hätten. Diese Annahme würde aber mit der Erfahrung nicht übereinstimmen, dass aus allen Organen, und insbesondere aus deren Bindegewebsräumen, eigenthümliche Kanäle, die Lymphgefässe, entspringen, welche neben andern Stoffen auch Eiweiss und Fett aus den Geweben in das Blut zurückleiten.

b. Veränderungen im Aggregatzustande der ausgeschiedenen Säfte. Die flüssigen Bestandttheile der Säfte

nehmen je nach ihrer Natur und den Umständen, in die sie gelangen, den gasförmigen oder den festen Aggregatzustand an. Die erstere Umformung erfolgt unter den einfachen Bedingungen, die wir jedesmal bei einer Verdunstung auftreten sehen. Da diese aller Orten und namentlich auch wiederholt schon in diesem Werke mitgetheilt sind und noch mitgetheilt werden sollen, soweit sie sich eigenthümlich gestalten, so wird ihnen hier keine weitere Aufmerksamkeit geschenkt. Anders verhält es sich aber mit dem Festwerden des Flüssigen.

Der feste Aggregatzustand, wo er auch entstehen mag, führt im thierischen Körper jedesmal zur Bildung eigenthümlicher Formen. So weit dieselben mit unseren Vergrösserungsgläsern zerlegt werden können, sind dieselben so beschaffen, dass sie aus allgemein wiederkehrenden Massenanordnungen, die man gemeinhin als Korn, Faser und Haut bezeichnet, aufgebaut sind. Körner, Fasern und Häute sind nemlich, entweder jedes für sich oder in Verbindung mit einander und zugleich mit Flüssigkeit, benutzt zur Herstellung eigenthümlich begrenzter Gebilde, der Zellen, Röhren Fasernetze u. s. w., welche immer noch von mikroskopischer Grösse von den Anatomen als Elementarformen der Organe oder als Gewebselemente bezeichnet werden. Solche Elementarformen gruppiren sich endlich in sehr verschiedenartiger Weise zu Organen.

Wir wenden unsere Blicke zuerst zu den Elementarformen; hier gewahren wir zunächst, dass einer jeden derselben eine besondere Lebensgeschichte zukommt, deren sichtbarster Inhalt zunächst darin besteht, dass sich ein jedes Gewebselement aus der Flüssigkeit allmählig hervorbildet und dann unter stetiger, wenn auch oft sehr langsamer, Veränderung seiner Form wieder zu Grunde geht; mit der letztern verändert sich auch zugleich die chemische und physikalische Beschaffenheit der Stoffe, aus welchen sie gebaut ist.

Belegt man die gesammte Summe dieser Veränderungen mit dem Namen der Entwickelungsgeschichte, so muss zur vollendeten Herstellung derselben nicht blos die Formfolge, sondern auch die Umgestaltung der andern Eigenthümlichkeiten gegeben sein. Sehen wie zu, was in dieser Beziehung unsere gegenwärtigen Methoden zu leisten vermögen.

Formfolge. Die Darlegung des Formwechsels, den ein Gebilde während seiner Lebensdauer erfährt, setzt voraus, dass die Gestalt eines mikroskopischen Gegenstandes überhaupt erkannt sei.

Insofern man hierbei, wie es gewöhnlich geschieht, zugleich ermitteln will, wovon das verschiedene Lichtbrechungsvermögen der einzelnen Stücke eines solchen Gebildes abhängig ist, ob von der Anordnung des Aggregatzustandes, der chemischen Zusammensetzung, der besondern Gestalt der Oberflächen, genügt die einfach mikroskopische Betrachtung der nach verschiedenen Richtungen geführten Durchschnitte des Gegenstandes nicht, sondern sie ist mit besondern Hilfsmitteln zu verbinden, wie z. B. mit der Prüfung auf die Cohäsion, durch Druck oder Zerrung mit der Anwendung schrumpfender und quellender, theilweise lösender, färbender die Unterschiede der Lichtbrechung steigernder oder mindernder Reagentien. Seitdem diese Einsicht einen praktischen Einfluss gewonnen, hat sich das Urtheil über viele Formen anders gestellt, und manchem dürfte noch ein ähnliches Schicksal bevorstehen. Nach einer, wie es meist geschehen, genügenden Lösung dieses Problems, erhebt sich die zweite, viel schwieriger zu befriedigende Forderung, die Reihenfolge der Gestalten, welche ein Gebilde während seiner ganzen oder eines Theils seiner Lebenszeit erfährt, auszumitteln. Da man beim Thier auf die bei einzelnen Pflanzen anwendbare Methode verzichten muss, die verschiedenen durch das steigende Alter bestimmten Formunterschiede eines und desselben Objekts zu erkennen, so ist man genöthigt die verlangte Reihenfolge dadurch zu gewinnen, dass man sie aus der Formen verschiedener Individuen zusammenreimt, deren Alter durch irgend ein Kennzeichen mehr oder weniger genau festgestellt ist.

Bei diesem Verfahren kommt es also durchaus noch darauf an, unverfängliche Kennzeichen für das Alter der betrachteten Gegenstände zu gewinnen, ferner die Beobachtungen ihrer zeitlichen Reihenfolge nach möglichst zu häufen, und endlich dafür zu sorgen, dass die verschiedenen Formen, welche man als zueinander gehörige ansicht, auch wirklich dieser Bedingung entsprechen.

Als Kennzeichen für die Lebensdauer dient einmal das bekannte Alter des Thieres aus dem das mikroskopische Objekt genommen ist, oder die Lagerungsstätte, welche eine Elementarform einnimmt; so namentlich die Entfernung, um welche die letztere von dem Orte der ersten Erzeugung durch neu gebildete Formen verschoben ist; dieses gilt u. A. für die Zellen in den verschiedenen Lagen des Pflasterepithels; oder der Abstand, in welchem ein Gebilde von dem Ausgangspunkt eines formgestaltenden Vorgangs liegt, der sich nach dieser oder jener Richtung fort-

pflanzt; hierher gehören z. B. die Formen, welche während der Verknöcherung vom Orte schon vollendeter Knochenbildung bis zum unveränderten Bindegewebe oder Knorpel hingestreckt sind. Die aus dieser Betrachtung hervorgehenden Schlüsse sind so lange unverfänglich, als auf demselben Orte nur die verschiedene Umbildungsstufe ein- und derselben Formate vorfindig sind. Sie hören es auf zu sein, wenn wie es meist der Fall, gleichzeitig und durcheinander verschiedene in auf- und absteigender Ordnung wachsende Gebilde vorkommen. Der Beweis, dass eine im spätern Lebensalter beobachtete Form wirklich die weitere Umwandlungsstufe einer andern früher gesehenen ist, kann dann nur durch besondere Hilfsmittel geführt werden, wie z. B. dadurch, dass sich eine chemische oder funktionelle Identität herstellen lässt, oder dass das Zahlenverhältniss der verschiedenen Formen in aufeinanderfolgender Alterstufe dasselbe geblieben ist, oder dass man so viele und rücksichtlich des Zeitabstandes einander so nahe gelegene Formstufen untersucht hat, dass sich durch sehr naheliegende Uebergänge der Stammbaum entwickeln lässt u. s. w. Da diesen letztern Bedingungen in zahlreichen Fällen nicht genügt wurde oder nicht werden konnte, so haftet vielen sogenannten Entwickelungsvorgängen ein solcher Grad von Unsicherheit an, dass nach dem Ausspruch Henles der unermüdlichsten und überlegensten kritischen Autorität auf diesem Gebiete die Veröffentlichung von Beobachtungsresultaten über Formfolge nur noch die Geltung einer Abstimmung hat.*)

Mischungsfolge. Obwohl nun dem Mikroskop noch viel zu thun übrig bleibt, so sind doch noch immer seine Aufklärungen weit voraus denen, die uns die chemische und physikalische Durchforschung leisten müssen. Wir haben in keinem Falle eine klare Vorstellung von der ganzen chemischen Zusammensetzung der Elementarformen zu irgend einer Zeit, geschweige denn von der chemischen Entwickelung der Gewebe, ebenso ist uns nur sehr theilweise bekannt der atomistische Bau der Flüssigkeiten, in welchen jene Elementargebilde wachsen oder vergehen, und noch weniger die Dehnbarkeit, Festigkeit, die Quellungsfähigkeit, die Spannung, das Lichtbrechungsvermögen und deren Aenderungen in der Zeit.

Da aber mindestens alle diese Fragen beantwortet sein müssten, um auch nur den Versuch einer Theorie der Gewebsentwickelungen

*) Anatomischer Jahresbericht für 1856. Leipzig u. Heidelberg 1857. p. 1.

möglich zu machen, so folgt sogleich, dass uns für jetzt nichts übrig bleibt, als nach neuen Angriffspunkten für die Beobachtung zu suchen. Hierher dürfte Folgendes zu rechnen sein.

α. Zur Entstehung eines jeden Formelements ist zunächst die Umwandlung des flüssigen in den festen Aggregatzustand nöthig, also wird auch zuerst zu fragen sein aus welchen Gründen entsteht in den Flüssigkeiten des thierischen Leibes ein Niederschlag? Indem wir zur Aufzählung der Hülfsmittel schreiten, welche der Organismus besitzt, um den flüssigen Aggregatzustand seiner Bestandtheile in den festen zu verkehren, darf die Bemerkung nicht unterdrückt werden, dass sie uns, so weit wir sie kennen, nicht etwa durch besondere auf diesen Punkt gerichtete Untersuchungen aufgeschlossen wurden. Sie sind im Gegentheil nur ein beiläufiger Erwerb anderer Beobachtungsreihen, die mit den chemischen Bestandtheilen des Thierleibes inner- und ausserhalb dieses letzteren angestellt wurden. Diese Mittheilung bürgt hinlänglich dafür, dass die folgenden Angaben nur einen sehr kleinen Theil der wirklich vorhandenen Mittel umgreifen.

Die Salze mit alkalischer und ammonikalischer Basis, ferner Ca Cl, Mg Cl, Zucker, Milchsäure, Harnstoff, Kreatin, die niedern Glieder der Fettsäurenreihe, sind immer flüssig im thierischen Organismus vorhanden; dieses steht in Uebereinstimmung mit unseren Einsichten in die chemischen Eigenschaften der aufgezählten Körper, da wir in der That keine Veranlassung anzugeben wüssten, warum das überall vorhandene Wasser sein Vermögen, sie zu lösen, einbüssen sollte.

Da die freien kohlensauren und phosphorsauren Kalksalze nur in Säuren löslich sind, so müssen sie aus ihren Lösungen ausfallen, so wie die freie Säure neutralisirt oder gar übersättigt wird. — Die gewöhnliche Verbindung mit eiweissartigen Stoffen, in der die phosphorsaure Kalkerde in den thierischen Säften gelöst vorkommt, ist nur flüssig mit Hülfe eines alkalischen oder schwachsauren Zusatzes. Um sie zu fällen, genügt also eine Neutralisation der einen oder andern Reaktion.

Die Fette und ihre Säuren werden entweder fest, indem aus einem Gemenge derselben die leichtschmelzbaren Theile (die Oelfette) entfernt werden, so dass nur noch die zurückbleiben, welche bei der Temperatur des thierischen Körpers erstarren; oder es werden durch stärkere Säuren die löslichen Kali- und Natronver-

bindungen der an und für sich unslöslichen fetten Säuren zersetzt, so dass nun diese letztern ausgeschieden werden.

Die Eiweisskörper, welche vorzugsweise in Betracht kommen, da aus ihnen und ihren Zersetzungsprodukten die meisten thierischen Formen zum weitaus grössten Theil bestehen, können auf sehr vielfältige Art fest werden und Festes erzeugen. Einmal ereignet sich dieses, wenn sie in unlösliche Modificationen verwandelt werden, in Folge der Umsetzungsprozesse, welche sie in dem Lebenshergang erfahren. Als Beispiele hierfür sind vorzuführen die Entstehung des Faserstoffs aus dem flüssigen Bluteiweiss, die Umwandelung des letztern in Proteinbioxyd, in die leimgebenden und in den elastischen Stoff. Dann kann die Fällung geschehen durch eine Veränderung in den Eigenschaften der lösenden Flüssigkeit. Hierher wäre zu rechnen die Ausfällung des Eiweisses aus alkalisch oder schwach sauer reagirenden Flüssigkeiten durch Neutralisation, durch Zusatz von conzentrirten Salzlösungen oder auch durch sehr reichliche Verdünnung mit Wasser. So wird z. B. durch Zusatz einer beliebigen verdünnten Säure zu Lösungen von Casein und Natronalbuminat, durch Zusatz von fetten Säuren zu Hühnereiweiss und Blutserum (Wittich)*) ein Niederschlag gebildet; fernerhin erzeugt ein reichlicher Zusatz von Kochsalz zu Blutserum und zu dem Inhalt seröser Säcke eine Fällung (Virchow)**), endlich trübt eine reichliche Beimengung reinen Wassers das Blutserum (Scherer) und den Inhalt der Furchungskugeln (Bischoff). — Drittens ist es möglich, die eiweissartigen Stoffe unlöslich zu machen durch Herbeiführung einer Verbindung derselben mit andern chemischen Körpern. Fälle, welche unter dieser letzten Rubrik aufzuzählen wären, sind uns in den Vorkommnissen des thierischen Lebens nicht bekannt. Sie könnten sich möglicher Weise ereignen durch Elektrolyse des Na Cl in der Verbindung des freigewordenen Chlors mit dem Eiweiss.

β. Eine zweite Frage von nicht minderem Interesse würde zu wissen verlangen, wovon der Grad der Cohäsion in dem Niederschlag abhängig sei. Beim Mangel aller einschlagenden Untersuchungen wäre nur an die bekannte Thatsache zu erinnern, dass ein und derselbe Eiweisskörper je nach der Dichtigkeit, der sauren oder alkalischen Reaktion seiner Lösung beim Niederfallen in

*) Liebigs Annalen. 91. Bd. 334.

**) De hymenogenia albuminis. Regiomontii 1850.

festzusammenhängenden oder in krümlichen Niederschlägen erscheint.

γ. Wovon sind die Gestalten der primären Niederschläge abhängig? Die geometrischen Eigenschaften der Flächen, welche einen Niederschlag begrenzen, müssen entweder hervorgerufen sein von Kräften, welche innerhalb seiner Masse thätig sind, also von innern, oder von Umständen, welche mit Rücksicht auf die Masse, aus welcher der Niederschlag besteht, äussere zu nennen sind. Da im ersten Fall der Niederschlag, wie gross oder klein er auch erscheinen mag, immer mit einer bestimmten Form auftreten muss, weil diese ja von den Eigenschaften seiner (wäg- und unwägbaren) Substanz abhängig ist, so nennt man alle Massen, zwischen deren Molekeln formbestimmende Kräfte sich geltend machen, geformte, alle andern dagegen, deren Gestalt sich nach den Umständen richtet, die von aussen her auf ihre Grenzen wirken, formlose. Die Erfahrung hat nun längst Kennzeichen aufgestellt, aus welchen entschieden werden kann, ob eine Masse zu der einen oder andern Kategorie zu stellen sei. Die Richtkräfte nemlich, welche die Molekeln der geformten Masse anordnen, führen jedesmal zur Bildung von Krystallen, d. h. zu Figuren, die von Ebenen, welche unter bestimmten Winkeln zusammenstossen, begrenzt sind; zugleich sind die Molekeln innerhalb der Krystalle mindestens in zwei aufeinander senkrechten Richtungen, welche durch die sog. Krystallachsen bestimmt werden, in einer ungleichen Anordnung enthalten, vermöge deren die Widerstände für den Durchgang des Lichtes, der Wärme und Elektrizität und ebenso die Cohäsion und Elastizität nach der einen der bezeichneten Richtungen grösser sind, als nach der andern. — Gerade umgekehrt verhalten sich die formlosen Stoffe; in ihnen findet Licht, Wärme und Elektrizität den Weg nach allen Richtungen hin auf gleiche Weise gebahnt, und ebensowenig ist die eine Dimension vor der andern durch Elastizität und Cohäsion bevorzugt.

Der Versuch, das Gefüge der festen Massen des menschlichen Körpers unter die beiden grossen Gruppen zu vertheilen, sieht sich gezwungen zu unterscheiden zwischen den Formen der nicht mehr sichtbaren Molekeln und denjenigen der sichtbaren Molekularhaufen.

Unzweifelhafte Krystallmolekeln kommen sehr verbreitet vor. Wir dürfen ihre Anwesenheit voraussetzen in den als solchen sichtbaren Krystallindividuen des kohlensauren Kalks, der neutralen

und sauren Fette, des Cholestearins, der Harnsäure. Nächstdem deckt uns das polarisirte Licht krystallinische Molekeln auf, die zwischen andere amorphe Stoffe eingestreut sind in mannigfachen im Allgemeinen nicht krystallinischen Elementarformen, so in den Muskelrohren, Bindegewebsfasern u. s. w.*) (Boek, Erlach, Brücke, His). — An einem andern nicht minder reichlich vertretenen Antheil der thierischen festen Masse kann dagegen bis dahin durch kein Hilfsmittel eine krystallinische Molekularstruktur erkannt werden. Man wird sie also einstweilen aus kleinsten Theilchen von unbestimmter Form zusammengesetzt ansehen, dabei aber nicht vergessen, dass aber auch das Gegentheil möglich ist. Für eine krystallinische Struktur einzelner unter ihnen würde z. B. die Befähigung des Fibrins sprechen, beim Festwerden in Fasern zu gerinnen, was darauf hindeutet, dass die in der Masse wirksamen Anziehungskräfte nach der einen Richtung hin bevorzugt sind. In allen übrigen könnte man auch mit Frankenheim**) ein sehr inniges Gemenge von unregelmässig gelagerten und sehr verschiedenartigen Krystallmolekeln mit gleicherEigenschwere und grosser gegenseitiger Adhäsion voraussetzen.

Die Kräfte, welche sich an der Formung der sichtbaren Molekularhaufen betheiligen, sind in einigen seltenen Fällen dieselben, welche die krystallinischen Molekeln gestalteten. Denn diese sichtbaren Gruppen stellten selbst wieder Krystalle vor wie z. B. die Gehörsteine, der krystallinische Inhalt der Fettzellen, das Cholestearin in serösen Flüssigkeiten u. s. w. — Für weitaus die grösste Mehrzahl der Elementarformen gilt dieses jedoch nicht, da die Begrenzungsflächen der hier zusammengeballten Molekeln, mögen sie selbst krystallinisch oder nicht krystallinisch sein, nicht mehr die Eigenschaften der krystallartigen tragen. Der Grund dafür, dass die Kräfte, welche den Aufbau der Molekeln besorgen, nicht mehr maassgebend sind für die Bildung der sichtbaren Gestalten von der letzteren Art, ist mit Wahrscheinlichkeit in den Eigenschaften der zusammengefügten Stoffe selbst zu suchen; denn erfahrungsgemäss wirken auf die gröbern Gestaltungen welche das Eiweiss, der Faserstoff, der Leim u. s. w. beim Gerinnen annehmen, Bedingungen ein, welche die sichtbaren Krystallgestalten entweder gar nicht oder wenigstens nicht in der Weise beeinflussen.

*) Müllers Archiv 1847. 313. — Denkschriften der k. Akademie der Wissenschaften XV. Bd. — Beiträge zur Histologie der Hornhaut v. W. His 1856.

**) Crystallisation und Amorphie. Breslau 1851.

Zur Erläuterung des Gesagten diene, dass die Krystallformen des Margarins, Stearins, des kohlensauren Kalkes u. s. w. in keinem Fall sich ändern mit den Gestalten des Tropfens oder der Dichtigkeit der Lösung, aus der sie herauskrystallisirten; alles dieses hat aber Einfluss auf die Gestalt, welche das Eiweiss oder der Faserstoff beim Gerinnen annimmt; aus verdünnten Lösungen fallen Flocken, aus conzentrirten compakte Massen heraus; sie gerinnen hautartig oder zu mannigfach geformten Gebilden, je nach der Zahl, der Anordnung und dem zeitlichen Wirken der Berührungspunkte des Eiweisses mit einer andern Flüssigkeit, welche die Gerinnung erzeugt; Eiweiss und Faserstoff nehmen beim Gerinnen die Gestalt der Gefässe an, in der dasselbe vor sich ging u. s. w.

Daraus folgt mit Nothwendigkeit, dass auch die besondern Gestalten, welche jene Stoffe beim Festwerden im Thierleib annehmen, die Folgen einer gestaltgebenden Einrichtung, wir wollen kurz sagen, einer Prägung, sein müssen.

Um diesen Satz, der von den Eigenschaften der Stoffe hergeleitet ist, welche vorzugsweise zu dem Aufbau der thierischen Formen verwendet sind, aus dem Bereich der Probabilität zu heheben, müssten wir im Stande sein, die besondern prägenden Einrichtungen, die bei der Gewebsbildung thätig sind, nachzuweisen. Dieses ist freilich bis dahin nicht möglich. Die folgende Darstellung muss sich deshalb darauf beschränken, den Begriff der Prägung in den allerallgemeinsten Zügen hinzustellen, und die Möglichkeit ihres Bestehens aus den Einrichtungen des thierischen Körpers nachzuweisen.

Da die einfachsten Formen des thierischen Körpers, die Platte, die Faser, das Korn sich nur durch ihre Dimensionen unterscheiden, so werden die Bedingungen, ob die eine oder andere Form erscheint, sich im Allgemeinen leicht zusammen lassen. Zunächst kommt in Betracht, ob die Niederschläge, welche aus der Berührung zweier Flüssigkeiten hervorgehen, cohärent sind oder nicht, ein Umstand, der wohl von der chemischen Natur der Flüssigkeit abhängt. Bei Gleichheit der chemischen Natur der Niederschläge, resp. der erzeugenden Flüssigkeiten wird die Ausdehnung der Berührungsflächen zwischen den beiden sich niederschlagenden Lösungen in Betracht kommen, und endlich bei Gleichheit der beiden genannten Bedingungen wird die Zeitdauer, während welcher die Fällung geschieht, und der Umstand, ob die Flüssigkeiten ruhen oder in Bewegung sind,

bestimmend wirken. Diese einfachen Bedingungen, deren Folgen sich von selbst verstehen, werden oft genug erfüllt sein in dem formenreichen Organismus, der mit ruhenden und bewegten und zugleich verschiedenartig zusammengesetzten Flüssigkeiten durchtränkt ist. — Nicht minder lassen sich, wenn einmal irgend welche Formen gegeben sind, aus den überall gebotenen Einrichtungen Gründe ableiten, welche den Häuten oder Fasern noch besondere Gestalten geben, oder die schon vorhandenen verändern. Hier bieten sich zu beliebiger und mannigfaltiger Verwendung die Quellungsfähigkeit, die Elastizität, die ungleiche Spannung, die Zersetzung durch den elektrischen Strom, die Vorgänge der Gährung, die Tropfenspannung, die ungleiche Cohäsion der festen Theile dar. Je nachdem man über diese Bedingungen disponirt, können Verdickungen, Auflösungen, ein- oder allseitiges Wachsthum, Spaltungen eines festen Körpers herbeigeführt werden, und es kann hierbei noch die Aufgabe gelöst werden auf sehr beschränkten Räumen ganz hetrogene Vorgänge einzuleiten. Obwohl ganz unzweifelhaft mit der Aufzählung der obigen Bedingungen die der wirklich vorhandenen noch nicht erschöpft ist, so geben sie doch schon, wie ein kurzes Nachdenken zeigt, unzählige prägende Einrichtungen an die Hand. Die Versuchung, die Tragweite dieser ausserordentlich biegsamen Principien für die Gestaltungen des thierischen Körpers weiter zu verfolgen, liegt in der That so nahe, dass sie nur durch die Befürchtung überwunden werden kann, hierbei in eben so nahe liegende Willkührlichkeiten und in Auseinandersetzungen zu verfallen, die der Natur nicht entsprechen möchten.

Wir kehren nach dieser nur auf Wahrscheinlichkeiten beruhenden Auseinandersetzung zu den Thatsachen zurück. Diese lehren, dass die Platten, Fasern, und Körnchen von eigenthümlicher Form nicht sogleich vollkommen fertig aus der Flüssigkeit hervorgehen, sondern dass den Kugel- und Cylindermänteln, den Bündeln und Netzen aus Faser u. s. w. erst Gestalten vorausgehen, welche für jene genannten formgebend wirken. Zu diesen ursprünglichen, formgebenden Werkzeugen zählt die anatomische Beobachtung vor allen die Zelle.

Die Gestalten welche man wegen ihres prägenden oder formbildenden Einflusses unter dem Namen der Zellen zusammenstellt, zeigen zwar rücksichtlich ihrer Form gewisse Aehnlichkeiten, aber auch reichliche Unterschiede. So lassen sich namentlich, abgesehen von den Abweichungen in den Grössen, in den Verhältnissen der Durch-

messer nach verschiedenen Richtungen, der Durchsichtigkeit u. s. w. als besondere Zellenarten hinstellen die freien Kerne, kernhaltige Zellen und Furchungskugeln; diese letztere Gattung ist nach der Angabe vieler Embrologen insofern von dem Typus der Schwann schen Zelle sehr abweichend, als weder der Kern, noch die äussere Begrenzung mit einer Haut umzogen ist.

Ueber die chemische Anordnung der thierischen Bildungszelle sind wir nur durch einige mikrochemische Reaktionen unterrichtet; diesen entsprechend kommt ihr mindestens ein Vertreter aus einer jeden der grössern chemischen Gruppen zu, welche im Blute des Menschen vorkommen, also Eiweissstoffe, Fette, Salze, Wasser, und ausser diesen in der Hülle und im Kern noch andere dem Blut wahrscheinlich nicht angehörende Körper. Ausserdem ist bekannt, dass die festen eiweissartigen Stoffe der äusseren Hülle und des Kerns nicht dieselben Reaktionen darbieten und dass in einzelnen Zellen für die verschiedenen Schichten der äusseren Hülle sogar ein Gleiches gilt. — Von sonstigen physikalischen Eigenthümlichkeiten ist uns nur bekannt, dass die Hülle quellungsfähig, elastisch und meist durch den Inhalt gespannt ist. Zudem sind an einzelnen rhythmische Bewegungen des Inhalts erkannt worden, was vielleicht noch allgemeiner geschehen sein würde, wenn man die Objekte genügend frisch und unter möglichst normalen Bedingungen hätte untersuchen können.

Die Entsehung einer solchen Zelle setzt eine bestimmt zusammengesetzte Flüssigkeit und gewisse nicht sehr weit gezogene Temperaturgrenzen voraus; ausserdem aber muss diese Flüssigkeit nach den Angaben von Remack, Virchow, Leydig u. A. jedesmal in einer andern Zelle enthalten sein, während Schwann, Henle u. A. nur verlangen, dass in der Mutterlauge der Zellen andere schon fertige enthalten sind. Den Gegensatz dieser Meinungen bezeichnet man gewöhnlich durch die Ausdrücke der innern und der freien Zellenbildung.

Die Entstehung der Zellen aus einer andern schon vorgebildeten geschieht durch Theilung, Knospenbildung oder Einschachtelung. In jedem dieser Fälle zergeht zunächst der Kern in zwei oder mehrere kleinere, die sich, in dem sie sich von einander entfernen vergrössern. Ist dieses bis zu einem gewissen Grade vollführt, so faltet sich bei der Knospenbildung die Haut um einen jeden Kern, so dass die alte Zelle unmittelbar vor dem Abfall der neuen das Ansehen einer Traube bekommt, deren einzelne Beeren

auf sehr feinen Stielen sitzen. Bei der Theilung wächst zwischen den neuen Kernen eine Scheidewand, welche sich von der äussern Haut durch die ganze Zelle hindurch erstreckt; indem die Scheidewand zerfällt, gehen aus der alten zwei oder mehrere neue hervor. Bei der endogenen Bildung endlich umhüllt sich jeder Kern mit einem Antheil des zähen Zelleninhalts, und dieser wieder mit einer eigenen rings geschlossenen Haut. Hiernach kann die Haut der alten die neu entstandene umschliessenden Zelle entweder fortbestehen oder sich auflösen.

Die freie Zellenbildung soll entweder um einen schon vorhandenen in einer fertigen Zelle vorgebildeten Kern geschehen, oder es soll sich auch dieser selbstständig entwickeln. Bei dem Wachsthum der Zellen um den vorgebildeten Kern geht der Aufbau derselben wesentlich nach den Regeln, die für die endogene Entstehung hingestellt wurden, nur dass hier die umschliessende Mutterhaut fehlt; ist der Kern nicht vorgebildet, so soll entweder der Ausgangspunkt der Zellenentwickelung durch einen freien Tropfen gegeben sein, der in einer homogenen Flüssigkeit schwimmt, — indem sich die Berührungsfläche der beiden Flüssigkeiten durch einen hautartigen Niederschlag abgrenzt, ist der Tropfen zu einer Zelle umgewandelt, — oder es soll auch eine kleine oder grosse Menge von Körnchen die in einer Flüssigkeit schwimmen, sich zu einem Klümpchen zusammenballen und auf der Oberfläche entweder durch einen neuentstandenen Niederschlag oder durch Verschmelzung der Grenztheilchen eine Zellenhaut entstehen.

Auch ohne eine tiefer gehende Kritik leuchtet ein, dass die Anhänger der innern Zellenbildung nicht im Stande sind, die Unstatthaftigkeit der freien zu beweisen. Andererseits ist es auch klar, dass die Vertreter der letztern Meinung so lange nicht auf allgemeine Zustimmung rechnen können, als sie nicht die Neubildung von Zellen in einer vollkommen zellenfreien Flüssigkeit darthun, oder so lange sie nicht den scharfen Beweis beibringen, dass die vorhandenen Zellen sich zu keiner Zeit ihres Bestehens mit ihrer Form an der Neubildung betheiligten.

Gesetzt, wir liessen nun, wie es neuerlichst bei den Anatomen Brauch geworden, die Zeugung der neuen nur in alten schon vorhandenen Zellen zu, so würde sich sogleich fragen lassen wie und warum mehrt sich die Masse des Kerns, warum und wie zerfällt sie in zwei andre Massen von kleinerem Umfang, warum weichen diese beiden auseinander u. s. w. Würde man den Ver-

such machen, wie weit man sich der Lösung jedes einzelnen Herganges nähern könne, so würde man dabei dann auch erfahren, wie weit sich die Zellen und wie weit sich die in ihrer Umgebung vorhandenen Bedingungen an jenen Vorgängen betheiligten. Dass diese letzteren nicht gleichgültig sind, kann nicht bezweifelt werden; denn, wenn auch dem Begriff der innern Zellenzeugung gemäss selbst die Stoffe und die Wärme, welche zum Erscheinen der Zeugung nöthig sind, der ältern Zelle angehört haben müssen, so wird die letztere nicht jedes Rohmaterial für einen gleich brauchbaren Baustein erachten und noch weniger wird sie sich die nöthige Wärme selbst erzeugen. Die kürzeste Umschau in diesem Gebiete zeigt gleich, dass auch hier dem Chemiker und Physiker der grösste Arbeitsantheil zufällt und dass, wenn ihr Licht tiefer dringt, erst mit den Versuchen begonnen werden kann, welche die Vollendung der Theorie versprechen. Wären wir erst Herr der Bedingungen, durch welche wir Eiweis in diesen oder jenen beliebigen Fermentkörper umwandeln, oder überhaupt derjenigen, durch welche wir das Eiweiss in jedes abgeleitete und zum Zellenwachsthum brauchbare Atom umsetzen könnten, durch welche wir elektrische Gegensätze in ihnen zu entwickeln im Stande wären u. s. w., so würde auch die künstliche Bildung und Entwickelung der Zelle nicht lange auf sich warten lassen; dann aber erst würde man die nöthigen Bedingungen so veränderlich machen können, dass man den Einfluss aller einzelnen Bildungsvorgänge genau ermitteln könnte, eine Aufgabe, die die blosse Beobachtung voraussichtlich nie lösen kann.

Die soeben angestellte Betrachtung sucht also den verwickelten Begriffen Zellenfunktion, Zellenfortpflanzung u. s. w. die einfachen Erklärungsgründe unterzuschieben, so dass man am Ende der Untersuchung sagen könnte, so weit betheiligt sich an der Neubildung Haut, Kern und Flüssigkeit der Zelle, und die Haut wieder so weit mit ihrer Elastizität, ihrer Durchdringlichkeit, ihrer chemischen Anregung, die Flüssigkeit aber durch diese oder jene ihrer Stoffe, durch ihren Zähigkeitsgrad; und noch weiter diese und jene Eigenschaft wird gesteigert oder gemindert durch die Einflüsse des Aufenthaltsortes.

Eine fertige Zelle ist aber nicht bloss die Mutter neuer, sondern sie selbst verändert sich weiter. Diese Eigenschaft führt in unserer Betrachtung begreiflich keine neue prinzipielle Schwierigkeit ein, da wir die Zelle einmal als einen in Bewegung begriffenen Me-

chanismus kennen gelernt haben. Diese Bewegung muss je nachdem sie zu einem bestimmten Gleichgewichtszustand gelegt oder ihn zu erreichen gehindert wird, zu den verschiedenartigsten Folgen führen. Allgemein lässt sich wohl aussagen, dass bei den beschränkten Mitteln der Zelle und bei ihrer Berührung mit andern beweglichen Theilen ihre Bewegungen bald zur Ruhe kommen würden, wenn sie nicht von aussen neue Anregungen empfing, Anregungen die nachweisslich zum grossen Theil durch die aus der Umgebung eintretende Wärme und durch die Diffusion flüssiger und luftförmiger Stoffe bewerkstelligt werden. Anders ausgedrückt würde dies heissen, dass die Entwickelung von der Umgebung wesentlich bestimmt werde.

So gefasst, wird man es nun ebenso begreiflich finden, warum ursprünglich gleichartige Zellen wie die Bildungszellen des Eies sich zu verschiedenen Geweben entwickeln; denn dazu gehört nur, dass sie in räumlich getrennte Gruppen geschieden werden, wodurch die Möglichkeit gegeben ist, sie mit ungleichen Wärmemengen und verschiedenartig zusammengesetzter Flüssigkeit in Berührung zu bringen u. s. w. Andrerseits können aber auch unmittelbar aneinander grenzende Zellen einen ungleichen Bildungsgang einschlagen, da schon in der ersten Einrichtung, die sie mitbringen, der Grund liegen kann, warum zwei Zellen von denselben Einflüssen zu ganz verschiedenen Aeusserungen bestimmt werden.

Wie endlich die Zellen von ihren Umgebungen Masse und Bewegungen empfangen, so geben sie offenbar diesen auch beides und zwar durch die innere Arbeit der Zelle umgeändert zurück und aus diesem Grunde kann man sagen, wirke die Zelle auch bildend auf ihre Umgebung; wie und in wie weit sie dieses vermag, liegt jedoch noch ganz im Dunkeln, so viel man auch schon von Zellenregion, Aneignung der Nachbarschaft u. s. w. u. s. w. gesprochen hat.

Es würde nicht schwer sein, an der Hand allgemein mechanischer Betrachtung noch Mancherlei zu sagen, aber Alles würde doch unbefriedigend bleiben, so lange nicht von speziellen Mechanismen ausgegangen werden kann; dazu gehört aber erst die mühsame Spezialforschung. Ob und wann diese in Angriff genommen wird, dies wird von dem Talente der Arbeitskräfte abhängen, welche das Geschick unserer Wissenschaft besonders und zunächst auf dem chemischen Gebiete zuführen wird.

Specieller Theil.

Oberhäute, Epithelien.

Die anatomischen Elemente der Oberhäute sind Zellen, deren Form sich der kugeligen, cylindrischen oder plattenartigen annähert.

Geschichtete Pflasterhäute. Sie bedecken die Cutis und die Fortsetzungen derselben in die Mund-, After-, Harn und Geschlechtsöffnung.

1. Anatomische Eigenschaften*). Um ihre Aufhellung hat sich Henle besondere Verdienste erworben. Die geschichteten Pflasterhäute enthalten längliche, kugelige und plattenförmige Zellen. Die zuerst genannte Formation, welche meist mit länglichen Kernen versehen ist, sitzt mit einer ihrer schmalen Flächen unmittelbar auf der Cutis auf (Kölliker) ihre Anwesenheit ist am Gaumen (Szontagh) an der Vaginalportion des Uterus (Wagner) und an der Cutis (Leydig) bestätigt. Reichert erklärt sie jedoch überall für eine durch die Präparation erzeugte Täuschung. Ueber dieser finden sich mehrere Lagen von kleinen Kugelzellen, die immer einen relativ grossen Kern einschliessen, welcher nahebei den ganzen Binnenraum der Zellen ausfüllt; in den noch weiter nach aussen gelegenen Schichten trifft man dann grössere Zellen, deren Form zwischen der Kugel und Platte die Mitte hält, und endlich sind die äussersten Lagen aus Plättchen gebildet; der geringe Binnenraum in diesen platten Zellen ist durch einen Kern ausgefüllt, welcher an Grösse den der kugeligen kaum übertrifft. In den äussersten Zellenlagen der Epidermis scheint jedoch der Kern zu fehlen (Moleschott). — Zwischen den Zellen der tieferen Schichten findet sich noch etwas Flüssigkeit ergossen, die zwischen den oberflächlicheren fehlt.

Die Gesammtzahl der Zellen, welche in einem senkrecht gegen die Cutis geführten Schnitte übereinander liegen (oder die Dicke der Epidermis), und ebenso die Verhältnisszahl zwischen cylindrischen und kugeligen einerseits und plattenförmigen andererseits ist veränderlich mit den Hautstellen, deren Bedeckung sie bilden. Diese mit dem Standort veränderlichen Verhältnisse prägen sich schon im fötalen Leben aus (Albin, Krause), so dass sie als eine Folge der eingeborenen Bildungsmechanismen angesehen werden müssen. Die Messungen von Krause, Kölliker

---

*) Krause, „Haut" in Wagner's Handwörterbuch. II. Bd. — Harting, Recherches micrométriques. Utrecht 1845. p. 47. — Kölliker, Mikroskop. Anatomie. II. Bd. I. Abtheil. p. 15. — Henle, Jahresbericht über allgem. Anatomie für 1850. p. 20.

und Wendt stellen heraus, dass die Dicke der gesammten Oberhaut am mächtigsten in der Fusssohle und den Handtellern, am geringsten an dem Kinn, den Lippen, der Stirn, den Wangen, den Augenlidern und dem äussern Gehörgang ist. In einzelnen Fällen übertrifft die Zahl der über einander geschichteten Cylinder und Kugelzellen (rete Malpighi) diejenige der plattenförmigen (Hornschicht); für gewöhnlich gilt jedoch das umgekehrte.

Die Grösse der einzelnen Zellen ist unabhängig vom Lebensalter ihres Trägers; diejenigen des Neugeborenen sind eben so gross wie die des Erwachsenen (Harting).

2. Chemische Zusammensetzung*). Die bisherigen Untersuchungen scheinen zu ergeben, dass die verschiedenen morphologischen Bestandtheile, die Kerne, die Zellenwand und der die Zellen mit einander verbindende Stoff aus irgend wie verschieden beschaffenen Atomen gebaut sind. Denn der verklebende Stoff ist löslich in Ammoniak, Kupferoxydammoniak und in einer Kalilauge, welche 25 bis 35 p. c. KOHO enthält; vielleicht auch beim Kochen im Papinschen Topf. — Die Kerne der Hornschicht sind löslich in 15 p. C. und die Zellenwände endlich in 5 p. C. Kalihydratlösung. — Aus der letztren Lösung kann durch Essigsäure ein Körper der Proteingruppe gefällt werden (Donders Moleschott). — Die Zellenwand besitzt in verschiedenen Altersstufen nicht dieselben Reaktionen; die der Schleimschicht ist im Gegensatz zu der in der Hornschicht in Essigsäure löslich (Henle).

Ueber die Hornschicht im Ganzen ist noch Folgendes bekannt: Kaltes Wasser zieht aus derselben eine salzhaltige, sauer reagirende Flüssigkeit aus, welche nach ältern Analysen aus Verbindungen von Ammoniak, Natron, Kali, Eisenoxyd mit Essigsäure, Milchsäure, Phosphorsäure und Chlor bestehen soll (Berzelius). Kochendes Wasser löst unter Schwefelwasserstoffentwicklung einen leimartigen Körper auf (John); Schlossberger erhielt dagegen aus Ichthyosisschuppen durch dreistündiges Kochen unter einem Druck von 3 Atmosphären wohl ein Extract, aber keinen Leim. Alkohol und Aether entziehen ihm Fett. — Das nach dieser Behandlung zurückbleibende Gemenge (der sog. Hornstoff) gab bei der Verbrennungsanalyse von Scherer und Mulder in 100 Theilen: C50,3; H6,7; N17,2; O27,0; S0,7. — Mit Salpetersäure gewinnt man die sog. Xanthoproteinsäure aus derselben; bei der Auflösung der Epidermizellen in Kali bildet sich SH und NH_3 neben dem schon erwähnten, dem Protein nach prozentischer Zusammensetzung und Reaktionen ähnlichen Stoff. Beim Verbrennen entwickeln sie den Geruch eiweissartiger Stoffe. — Die verbrannten Hornzellen hinterlassen eine Asche, welche bis zu 2 p. C. der trockenen Substanz ausmacht und aus

*) Mulder, Versuch einer allgemeinen physiolog. Chemie. Braunschweig. p. 548. — Schlossberger: allgemeine Thierchemie, Leipzig 1856. 265. — Moleschott in dessen Untersuchungen zur Naturlehre IV. 97.

$3 CaO PO_5$ und Fe_2O_3 besteht. — In der Asche der Ichthyosisschuppen fand Schlossberger NaO, KCl, $CaOSO_3$, SiO_3, und 3 (Mgo, CaO, $Fe_2 O_3$) PhO_5.

3. Quellungserscheinungen*). Reines Wasser dringt sehr schwer in die Epidermis ein; legt man dickere Stücke derselben in Wasser, so findet man selbst nach tagelanger Einwirkung nur die obersten Lagen der Hornschicht aufgeweicht. In einer auf diese Weise behandelten Deckhaut ist der Zusammenhang zwischen den Zellen gelöst, der Umfang dieser letzteren selbst aber nur um ein Unbedeutendes vergrössert. — Bindet man einen mit Epidermis bedeckten Hautlappen über die eine Mündung eines Glasrohrs und füllt dieses letztere bis zu beträchtlicher Höhe mit Wasser an, so dringt dieses durch die Lederhaut und hebt die Epidermis von derselben ab, so dass sich die letztere in Form einer Blase auftreibt. — Als endosmotische Scheidewand aufgestellt, verwehrt die Epidermis, so weit wir wissen, durchgreifend die Ausgleichung zwischen Wasser und wässerigen Salzlösungen; sie erlaubt dieselbe dagegen zwischen Wasser und verdünnten Säuren; wie zwischen Alkohol, alkoholischen oder ätherischen Salzlösungen und Wasser; in beiden Fällen geht der stärkere Strom vom Wasser zum Alkohol (Krause).

Die Epidermis ist im trocknen und feuchten Zustand für Gase jeder Art durchgängig.

Krause reinigt die als Filtrations- oder Diffusionsmembran angewendete Epidermis mit Wasser, Seife und Aether; es könnte auffallend erscheinen, dass die Schweisskanälchen (die von ihm angewendeten Stücke waren aus dem Handteller genommen) sich nicht eröffnet und eineu raschen und beliebigen Diffusionstrom erlaubt haben. Dieses geschah wahrscheinlich darum nicht, weil Krause den Flüssigkeitsdruck auf der einen Seite höher, als auf der andern machte, wodurch die schieflaufenden Gänge sammengepresst werden.

Ueber den Durchgang der tropfbaren und gasartigen Flüssigkeiten durch die unverletzte Epidermis des lebenden Menschen in die Flüssigkeiten resp. die Blutgefässe der Cutis, sind zahlreiche Versuche von Aerzten**) angestellt. Der Unterschied zwischen diesen und den erwähnten Versuchen von Krause leuchtet ein,

---

*) Krause, l. c. 153. — Kölliker, l. c. p. 59.

**) Die älteren Beobachtungen von Young, Madden, Collard, Emmert u. s. w. siehe bei Krause l. c. Ausserdem Oesterlen in Henle's und Pfeufer's Zeitschrift. V. Bd. 434. Gosselin, Gazette médicale 1856. Nr. 20. — K. Voit Physiolog.-chemische Untersuchungen 1857. p. 45. — Braune, De cutis facultate jodum resorbendi. Archiv für patholog. Anatomie XI. Bd. 295. — Kletzinsky. Wochenblatt der Wiener Aerzte. 1854. Nr. 28. und 1855. Nr. 21. — Duriau; Recherches expérimentales sur l' absorption etc. Paris 1856. (E. Meissners Jahresbericht p. 243.) — Poulet Compt. rend. Bd. 42. S. 435.

wenn man bedenkt, dass die endosmotische Scheidewand zwischen den auf die Körperoberfläche gebrachten Stoffen und den in der Lederhaut enthaltenen Flüssigkeiten offenbar durch die Epidermis nicht mehr allein dargestellt wird, sondern dass auch durch die mit Schweiss und andern Flüssigkeiten erfüllten Schweisskanälchen die Ausgleichung erfolgen muss. — Die hierhergehörigen Versuche bieten meist so grosse Schwierigkeiten, dass man sich für gewöhnlich mit einer qualitativen Antwort befriedigen musste, welche wohl etwas über das Zustandekommen, nichts aber über die Geschwindigkeit des Durchgangs der betreffenden Substanzen aussagte. — Aus den vorliegenden Beobachtungen scheint sich zu ergeben, dass von aussen nach innen eindringt: Wasser, und zwar laues besser als heisses, die in der Fleischbrühe und Milch gelösten Stoffe (?), verdünnte Schwefel-, Salz-, Salpetersäure, verdünnte Lösungen von Chlorbaryum, Brechweinstein, Quecksilberchlorid; Blutlaugensalz, Jodkalium, Crotonöl, aromatische Oele, Cantharidin, unter Umständen Jod und Quecksilber. Umgekehrt geht aus der Haut Kochsalz in ein Wasserbad über; nach Barral hatte ein Bad aus 174 Kilogr. von 37° C. während einer Stunde 1 Gr. dieses leztern Salzes aus der Haut ausgewaschen.

Dem Durchtritt der Gasarten stellt die mit der lebenden Haut in Verbindung stehende Epidermis ebensowenig einen Widerstand entgegen, als die von ihr losgelöste.

Der Uebergang eines Stoffes durch die Epidermis des lebenden Menschen lässt sich jedesmal leicht feststellen, wenn er im Beginn des Versuchs entweder im Organismus oder in dem die Oberhaut umgebenden Bade fehlte. Hierzu bietet die chemische Reaktion meist genügende Hilfsmittel, und wo diese nicht mehr anwendbar, tritt oft eine physiologische an ihre Stelle; dieses gilt z. B. unter den oben angeführten Stoffen für Crotonöl, Cantharidin u. A., welche im Blute anwesend eigenthümliche Arzneiwirkungen bedingen. Schwieriger ist der Nachweis für den Uebertritt solcher Stoffe, welche schon im Organismus vorkommen, oder gar die genaue qauantitative Bestimmung der übergetretenen Mengen. Um diese zu gewinnen, wie z. B. die des übergehenden Wassers, muss man entweder den Gewichtsverlust des Bades oder die Gewichtszunahme des thierisehen Körpers feststellen. Beide Wägungen sind aber insofern der ganze Körper gebadet wurde, mit zahlreichen Fehlerquellen behaftet; denn einmal nimmt der menschliche Körper während des Bades auch an Gewicht ab durch die Lungenausdünstung, diese müsste also während des Bades bestimmt werden, weil sie mit der Temperatur des Bades veränderlich ist. Nächstdem möchte man einem Menschen die Haut nicht gerade soweit wieder abtrocknen können, wie sie vor dem Bade war. Die Wägung des Bades führt Unsicherheit ein wegen der Verdunstung der Flüssigkeit während des Abtrocknens, des Hängenbleibens derselben an der Haut u. s. w. Grössere Sicherheit kann bei localen Bädern bewirkt werden, siehe hierüber Klet-

zinsky l. c. — Den Eintritt von Quecksilberkügelchen nach Einreiben von grauer Salbe beweist Voit durch das Mikroskop nach dem Tode.

4. Auch ohne dass eine besondere Untersuchung vorliegt, kann die Epidermis ein schlechter Wärmeleiter genannt werden. Dem elektrischen Strom setzt sie einen beträchtlichen Widerstand entgegen; dieser verringert sich mit ihrer Dicke, ihrer Durchfeuchtung mit gut leitenden Flüssigkeiten, ihrer Erwärmung (Ritter, Ed. Weber, du Bois)*)

Ueber die Methode den Widerstand für den galvanischen Strom zu bestimmen, siehe du Bois l. c.

5. Von der Ernährung der Epidermis. — Den Muttersaft der Pflasterzellen liefern die oberflächlichsten Gefässe der Cutis. Aus ihm entstehen zunächst die Zellen, welche in den tiefsten Schichten der Oberhaut enthalten sind. Der Beweis hierfür liegt in der bekannten Erfahrung, dass eine Lücke, die man in die Epidermis geschnitten, sich nicht dadurch ausfüllt, dass auf der freien Oberfläche der Lücke neue Zellenlagen entstehen, sondern in der Weise dass sich der Boden derselben allmählig erhebt, durch einen von der Cutisoberfläche her erfolgenden Nachschub von Zellen. — Die Ursachen der Absonderung jenes Bildungssaftes sind uns unbekannt, und nicht minder die Zusammensetzung der ursprünglich ergossenen Flüssigkeit. — Zwischen der Absonderungsgeschwindigkeit des Muttersaftes und der Zellenbildung scheint das Abhängigkeitsverhältniss zu bestehen, dass sich nur bis zu einem gewissen Grade die Bildung neuer Zellen mehrt mit der Menge der abgesonderten Flüssigkeit; steigert sich die Absonderungsgeschwindigkeit noch weiter, so hört alle Bildung von Epidermis auf. — Diesen Satz stützen wir damit, dass eine Erweiterung der Capillargefässe in der Cutis, also eine vermehrte Spannung des Blutes in ihnen, wie wir sie nach gelindem Druck, höheren Erwärmungen u. dgl. gewahren, die Epidermisbildung mehrt (Schwielen der Hand- und Feuerarbeiter); eine weiter getriebene Ausdehnung der Gefässe, die in kurzer Zeit den Austritt grösserer Mengen von Flüssigkeit zur Folge hat, hebt dagegen die Epidermis ab, und in der Blasenflüssigkeit entstehen keine Epithelien; ihre Bildung beginnt erst wieder mit dem Austrocknen der Blase. In der That scheint ein grosser Theil der oberhautbildenden Mittel der Aerzte

*) Ed. Weber, Quaestiones physiologicae de phaenom. etc. 1836. — du Bois Reymond, Berliner akadem. Monatsberichte. 1852. 15. März.

die Aufgabe zu haben, das Maass der Absonderung zu regeln, indem sie entweder auf die Erhöhung des Elastizitätscoëffizienten der Gefässhäute (Blei-, Silbersalpeter) oder auf die Verringerung des Gefässdurchmessers (Einwickelungen) hinzielen. — Der chemische und mechanische Vorgang, der die Ueberführung der Flüssigkeit in die Zelle bedingt, ist unbekannt. Man behauptete mit Rücksicht auf den letztern früherhin, dass in dem Muttersaft zuerst aus irgend welchem Grunde Zellenkerne entstünden, welche sich mit einer Haut umhüllten (Henle). Neuerlichst bestreitet man dieses und setzt an die Stelle der alten Hypothese eine andere, wonach die tiefsten, cylindrisch geformten Zellen sich an ihrem freien, von der Cutis abgewendeten Ende abschnüren und damit zur Entstehung der kleinen Kugelzellen Veranlassung geben sollen (Kölliker). Billroth*) der die Epithelialbildung auf vernarbenden Wunden studirte, stellt sogar die Möglichkeit hin, das die Zellen aus einer Zerspaltung der amorphen Schicht hervorgehen, welche die Granulation vor beginnender Vernarbung zu bedecken pflegt. — Die Zellen der Hornschicht gehen unzweifelhaft aus denen der Kugelschicht hervor, was sich ohne Weiteres durch die Lagerungsverhältnisse beweisen lässt. Man stellt sich das Zustandekommen der Abplattung in der Weise vor, dass die im Zellenraume enthaltenen löslichen Bestandtheile allmählig unlöslich würden, worauf das Wasser durch Diffusion oder Verdunstung entfernt würde. Gesetzt, diese Meinung wäre bewiessen, so müsste nun noch gezeigt werden, warum das Zusammenfallen der Wand in der Richtung des Dickendurchmessers der Oberhaut erfolgt. — Unerklärt ist es ferner, womit sich der Zusammenhang der Zellen ändert; nachweisslich schuppen sich (durch Verlust dieses Zusammenhangs) unter gewissen, nicht näher bestimmten Umständen die oberflächlichsten Lagen leichter ab. Aus dem Verhältniss zwischen Neubildung und Abschuppung ist natürlich auch die Dicke der Epidermis an den verschiedenen Körperregionen zu erklären. In diesem Sinne ist es bemerkenswerth, dass aller Orten eine Grenze für die Dicke der Epidermis besteht, und dass eine über das Normale gehende Dicke derselben, wie wir sie bei Schwielenbildung beobachten, wieder auf den gewöhnlichen Werth herabsinkt, wenn die Ursachen verschwinden, welche eine reichlichere Absonderung des Muttersaftes veranlassten. — Ob in der ausgewachsenen

*) Untersuchungen über Entwickelung der Blutgefässe. Berlin 1856. p. 34.

Plattenzelle ein Stoffumsatz geschieht, wissen wir nicht; für einen solchen spricht das Verschwinden der Kerne, gegen ihn die Widerstandsfähigkeit der Plättchen gegen die chemischen Angriffe, welchen sie im normalen Leben ausgesetzt sind.

Nägel.

1. Anatomische Eigenschaften. Der Nagel ist ein Gebilde aus Zellen von derselben Form und Anordnung wie in den geschichteten Pflasterhäuten. Vor diesen ist er ausgezeichnet einmal dadurch, dass alle Zellen Kerne enthalten, ferner durch das Verhältniss zwischen der Dicke der Horn- und Schleimschicht, indem an den Nägeln die erstere ganz ausserordentlich die letztere übertrifft, und endlich dadurch, dass die Zellen in der Hornschicht des Nagels noch trockner, fester und inniger mit einander vereinigt sind.

2. Chemische Eigenschaften. Am Nagel ist bis dahin nur die Hornschicht untersucht; ihre Eigenthümlichkeiten stimmen im Allgemeinen mit denen der Pflasterhaut überein.

Der sogenannte Hornstoff des Nagels besteht nach Scherer und Mulder in 100 Theilen aus C51,0; H6,9; N17,5; O21,7; S2,8. Sein S gehalt ist also dem der Epidermis überlegen; verbrannt hinterlässt er 1 pCt. Asche aus 3CaOPO.

3. Von der Ernährung. — Die Bildung des Nagels geht nur dann vor sich, wenn ein besonders geformter Boden der Cutis, der Nagelfalz und das Nagelbett, vorhanden ist. Diese Einrichtung, worin auch sonst noch ihre Wirkungen bestehen mögen, hat jedenfalls die Folge, dass die neugebildeten Zellen sich durch das Entgegenwachsen von zwei verschiedenen Seiten her zusammenpressen. Durch die Aufschichtung von Zellen im Falz wird die Längenzunahme und durch diejenige im Nagelbett zum Theil mindestens das Wachsthum nach der Dicke bestimmt (E. H. Weber). — Nach Berthold*) wachsen die Nägel in der Jugend und im Sommer rascher als im Winter, an der rechten Hand mehr als an der linken; unter allen Fingern geht am mittleren das Wachsthum am raschesten und in abnehmender Reihenfolge am Ring-, Zeige-, Ohrfinger und Daumen vor sich. Schneiden der Nägel befördert die Zellenneubildung; wenn man dieselben niemals verkürzt, so erreichen sie eine bestimmte, nicht weiter veränderliche Länge.

---

*) A. Berthold, Beobachtungen über das quantitative Verhältniss der Nagel- und Haarbildung. Göttingen 1850.

Beispielsweise sei erwähnt, dass sich nach Berthold der Nagel in 11 Tagen um etwa 1 MM. verlängert.

Einfachere Deckhäute. An diese Pflasterepithelien vollkommenster Ausbildung schliessen sich nun eine Reihe anderer Oberhäute an, welche entweder nur aus einer oder aus mehreren der beschriebenen Zellenformen zusammengesetzt sind. Die einfachsten Oberhäute sind die einschichtigen; sie bestehen immer nur aus einer Lage und zwar entweder aus platten, wie z. B. in den serösen Häuten, oder aus cylindrischen Zellen, wie im Darmkanal u. s. w. — Die complizirteren enthalten dagegen entweder kugelige und cylindrische (Bronchialschleimhaut) oder cylindrische, kugelige und platte (Mundschleimhaut). Die letztern, welche der Epidermis am nächsten stehen, unterscheiden sich jedoch meist wesentlich dadurch, dass ihre platten Zellen nur stellenweise und zwar im Ueberzug der pap. filiformes als dünne Hornschüppchen erscheinen.

Diese Gebilde bieten unter dem Mikroskop annähernd dieselben Erscheinungen, wie die Epidermiszellen.

Nach Gorup*) enthält das Plattenepithelium der Mundschleimhaut der Wallfische 2,5 pCt. Schwefel, also so viel wie die Nägel des Menschen; ob dieses auch für die Oberhaut unserer Mundschleimhaut gilt?

Die Durchdringlichkeit der weniger ausgebildeten Oberhäute für gasförmige und namentlich flüssige Stoffe ist viel beträchtlicher als die der Epidermis; am leichtesten durchgängig sind diejenigen, welche nur aus einer Zellenlage bestehen; zum Theil mag dieses daher rühren, dass in den Zwischenräumen zwischen je zwei Zellen Poren gelegen sind, die der Diffusion weniger Widerstand bieten, zum Theil aber sind die Zellen selbst leichter durchgängig. Ueber die Wachsthumserscheinungen der einfachen Epithelien ist nur bekannt, dass sich auch hier Uebergangsstufen zwischen den kugeligen und den cylindrischen Zellen finden finden. Die kugeligen Zellen sollen sich durch Theilung fortpflanzen**).

Flimmerhaare.

Auf einzelnen Standorten tragen die Cylinderzellen gegen ihre freie, von Flüssigkeit oder Luft begrenzte Fläche feine weiche, haarförmige Anhänge, die Wimper- oder Flimmerhaare.

Diese Haare sind unter gewissen Umständen, und namentlich während ihres Aufenthaltes im lebenden Körper in einer Bewegung, bei der ihre Spitze ungefähr ein Viertel von der Peripherie eines Kreises zurücklegt, welcher mit der ganzen Länge als Radius be-

*) Journ. für prakt. Chemie. 39. Bd. p. 244.

**) Kölliker, Handbuch der Gewebelehre. 1852. p. 343.

schrieben wird. Genauer betrachtet, verhält sich nun diese Bewegung so, dass ein Haar, welches soeben gegen den Boden, auf dem es eingepflanzt ist, senkrecht stand, plötzlich zusammenknickt und sich dabei mit seiner Spitze gegen den Boden biegt, kaum hier angelangt, wieder aufsteht, um von Neuem die eben vollendete Bahn umgekehrt zu durchlaufen. Diese Bewegungen folgen sehr rasch aufeinander, so dass namentlich an den Wendepunkten keine Zeiten des Stillstandes zu beobachten sind, und nicht minder werden die Bewegungen rasch vollendet, indem nach den Messungen von Valentin und Krause ein Haar zu einem Auf- und Niedergang 0,2 bis 0,8 Sec. nöthig hat. — Die Kraft, mit welcher die Schwingung geschieht, ist nicht nach beiden Richtungen gleich, sondern nach der einen bedeutender als nach der andern. Dieses erkennt man aus der einseitigen Strömung, welche das flimmernde Haar in einer sie bedeckenden Flüssigkeit zu erzeugen vermag, eine Strömung, welche statt einer einseitigen offenbar ebenfalls eine pendelnde sein müsste, wenn die Stösse, welche ihr von dem Haar nach den verschiedenen Richtungen hin mitgetheilt werden, an Kraft einander gleich kämen. — Die Richtung der Schwingung ist zwar nicht auf den Zellen verschiedenen, wohl aber auf denen desselben Standortes gleich, sodass alle Haare der Bronchial-, der Tubenschleimhaut u. s. w. immer nach derselben Seite hin zusammenfallen und somit auch aufstehen.

Von den Haaren auf den Epithelien der Muschelkiemen behauptet Valentin jedoch das Gegentheil, sie sollen unter Umständen plötzlich ihre Schwingungsrichtung ändern.

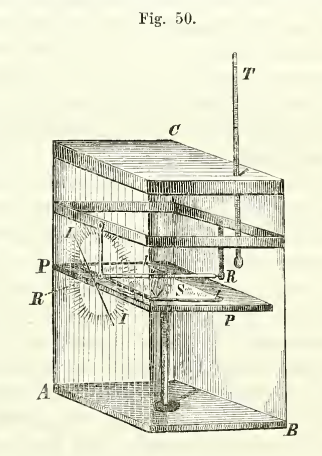
Die Beschleunigung der Bewegung ist nach den Beobachtungen von Purkinje, Valentin, Sharpey, Calliburcés und Virchow *) abhängig 1) von der chemischen und mechanischen Unversehrheit des einzelnen Wimperhaars; ist diese erhalten, so kann die Zelle von ihrem natürlichen Standort entfernt, oder gar bis zur Zerstörung der benachbarten Haare verstümmelt sein, ohne dass die Bewegung erlischt. — Wird dagegen das Haar durch conzentrirte Säuren, Alkalien, Salze, durch Eintrocknen u. s. w. zerstört, so ist die Befähigung zur Bewegung verloren; sie kehrt namentlich auch nicht wieder, wenn man das einmal eingetrocknete Haar wieder aufweicht. — 2) Die Schlagfähigkeit der Haare auf solchen Zellen, welche aus ihrem natürlichen Standort entfernt sind, wird

*) Valentin, Lehrb. der Physiol. III. a. 19 u. b. 611. — Virchow's Archiv. VI. Bd.

verlängert, wenn sie in Lymphe, Blutserum oder in verdünntem Hühnereiweiss aufgehoben werden. — 3) Die verlangsamte oder auch kurze Zeit erloschene Bewegung kann wieder belebt werden durch verdünnte Kalilauge. (Virchow). — Auch soll die verlangsamte Bewegung wieder beschleunigt werden können durch mechanische Erschütterungen (Valentin und Purkinje). — 4) Die Bewegung erhält sich nur zwischen bestimmten Temperaturgrenzen, welche nach Valentin durch + 6° und +° 81 C. gegeben sind. Zahl (und Intensität) der Schläge in der Zeiteinheit wird bedeutend vermehrt durch die steigende Temperatur. (Calliburcés) *).

Um die Veränderlichkeit der Wimperbewegung durch die Temperatur zu beweisen, wendet Calliburcés den Apparat an, von dem Fig. 50 ein Schema giebt. Zwei Punkte von zwei gegenüberliegenden Seiten eines cubischen Glasgefässes *A B C* verbindet er durch die leicht drehbare Achse aus Aluminium, die in einen sehr leichten hohlen Glascylinder eingeschmolzen ist *R R*. Die Achse trägt auf der Seite, an welcher sie über die Wand des kubischen Gefässes hervorragt, einen Zeiger *J J*, welcher auf einen in der Glaswand eingeätzten getheilten Kreis zeigt; der Mittelpunkt des Kreises liegt im Berührungspunkt der Achse mit der Glaswand. Gegen die im Ganzen 73 Mgr. wiegende Rolle lässt sich mittelst einer hier nicht gezeichneten Mikrometerschraube eine ebene Platte *P P* bewegen, und somit auf immer gleichen Abstand von der Rolle einstellen. Auf dieser Platte ist ein Stück Schleimhaut *S S* des Froschrachens aufgespannt, so dass die Cilien derselben gegen den Cylinder schlagen und ihn drehen. *T* ist ein Thermometer, welcher den hermetisch schliessenden Deckel des Gefässes durchbohrt. Die Zeit, welche der Cylinder zu einer ganzen Umdrehung verbrauchte, war im Mittel aus 52 Versuchen bei 12 bis + 19° C. = 22 Min. 3 Sec., — bei + 28° C. 3 Min. 7 Sec.

Fig. 50.



5) Inhalation von Aether hebt die Bewegungen der Haare so lange auf, als die Aethernarkose andauert (Clemens, Gosselin**). — 6) Je nach dem Standorte erlischt die Bewegung mehr oder weniger rasch nach dem Tode des Individuums oder in Folge der

*) Compt. rend. 47. Bd. 5. Oktbr.

**) Cl. Bernard, sur les effets des substances toxiques 1857. 423.

veränderten Temperatur. Am empfindlichsten sind die Haare in den Geschlechtstheilen. — 7) Als negative Charakteristik, den Muskel- und Nervenmassen gegenüber, ist bemerkenswerth, dass durch verdünnte Lösungen von Blausäure, Opium, Strychnin, Kreosot u. s. w. und durch elektrische Ströme die Bewegungen weder beschleunigt, noch verlangsamt werden.

Von den Ernährungserscheinungen der Flimmerhaare ist nichts bekannt.

Haare.

1. Anatomische Eigenschaften *). Der Haarknopf, oder der Theil des Haars, welcher unmittelbar an die Warze grenzt, besteht durchweg aus kugeligen, kernhaltigen Zellen und freien Kernen (?), ähnlich denen, welche in der Oberhaut auf den Cylinderenden ruhen. Im Haarschaft treten dagegen drei wesentlich verschiedene Formen auf; die Oberfläche desselben wird rings umkleidet von einer mehrfachen Lage dachziegelförmig übereinandergeschichteter kernloser Hornschüppchen, welche durch quellende Flüssigkeiten bis jetzt nicht in Bläschen umgewandelt werden konnten; dieses Haarepithelium schliesst eine mehrfache Schicht bandartiger Fasern ein, von denen jede einzelne aus länglichen kernhaltigen Hornschuppen besteht, welche an ihren schmalen Seiten mit einander verwachsen sind; die auf einer Peripherie des Haars liegenden Fasern sind jedoch ebenfalls untereinander zu Cylindermänteln verklebt; im Centrum der Faserschicht endlich liegt das Haarmark. In dieses ragen, so weit das Haar noch in dem Balg versteckt liegt, Fortsätze aus der Haarwarze, die auch häufig noch eine Blutgefässschlinge in sich fassen, und ausserdem ist es aus kugeligen Zellen gebildet, die jedoch an dem freistehenden Theile des Haārs vertrocknen und somit zur Bildung lufthaltiger Lücken Veranlassung geben. Zur Einsicht in den Bau des Haars und seines gleich zu erwähnenden Säckchens haben uns vor Allem die Arbeiten von Heusinger, E. H. Weber, Gurlt, Henle, H. Meyer, Steinlin und Kölliker verholfen.

2. Chemische Zusammensetzung **). Die festen Theile des Haars sind innerhalb des Balgs mit wässerigen und ausserhalb desselben mit öligen Flüssigkeiten durchtränkt. Diese letztern sind ein Gemenge aus Olein und Margarin, Olein- und Margarin-

*) Kölliker, Handbuch der Gewebelehre. 3. Auflage, Leipzig 1859. p. 129.

**) Mulder, physiol. Chemie. Braunschweig. p. 570. — Leyer u. Kölliker, Liebig's Annalen. 83. Bd. p. 332. — Gorup, ibid. 66. Bd. p. 321.

säure. — Die geformten Bestandtheile des Markes, der Rinde und der Deckschicht sind von ungleichartiger Zusammensetzung und ebenso sind die Zellenindividuen einer jeden Formation ein Gemenge mehrerer Substanzen; man schliesst dieses aus dem Verhalten jener Formen gegen Kali, Schwefel und Essigsäure. — Eine Elementaranalyse des mit Wasser, Alkohol und Aether ausgekochten Haars gab nach v. Laer und Scherer in 100 Theilen: C 50,6; H 6,4; N 17,1; O 20,8; S 5,0. Da die diesen Zerlegungen unterworfenen Haare aus ganz verschiedenen Orten stammten, so deutet jene Uebereinstimmung darauf hin, dass das Haar ein constantes Gemenge aus den verschiedenen Stoffen darstelle. Die Zersetzungsprodukte des Haars mit Schwefel-, Salpetersäure und Kali stellen fest, dass dasselbe Substanzen enthalte, welche zur Gruppe der eiweissartigen Körper gehören.

Durch Behandlung mit warmer verdünnter Kalilauge gewinnt man aus ihm sog. Protein und Proteinbioxyd unter Abscheidung von S und NH_3 (Mulder). Durch SO_3 kann man Tyrosin und Leucin aus dem Haar gewinnen (Leyer und Köller), und NO_5 verwandelt sie zum Theil in Xanthoproteinsäure (Mulder). Es bedarf kaum des Hinweises auf den grossen S-gehalt, um den Unterschied zwischen Haar und Epidermis deutlich zu machen. Nach Chevreul *) soll das Haar seinen Schwefel, ohne Strukturänderungen zu erleiden, verlieren können.

Der Gehalt des Haares an Asche wechselt zwischen 0,5 bis 1,8 pCt. Sie besteht aus Eisenoxyd, Kieselsäure, phosphorsaurem Kalk und Magnesia (v. Laer und Gorup).

3. Physikalische Eigenschaften. Im trocknen Zustand zieht das Haar begierig Wasserdampf an und condensirt ihn; in Wasser gelegt quillt es ein wenig auf. Mit Fetten durchtränkt sich das trockene Haar ebenfalls leicht. In welchem Verhältniss seine Adhäsionskräfte zum Fett und Wasser stehen, ist unbekannt. — Das durch Fett und Wasser getränkte Haar ist sehr dehnbar, und dehnbarer als im trocknen Zustand. Die wenigen über Elastizität und Cohäsion des Haars vorliegenden Beobachtungen **) genügen nicht, um eine Vorstellung über die hierauf bezüglichen Kräfte desselben zu gewinnen. — Das Haar ist ein schlechter Leiter der Wärme und ein Isolator der Elektricität.

4. Ernährung des Haares. — Die Anordnung der Zellen in der Form des Haars geschieht für gewöhnlich mit Hilfe einer eigenthümlichen in die Cutis eingelagerten Vorrichtung, die Haarwarze und den Haarbalg. Die Warze ist ein kugelförmiger Auswuchs

*) Schlossberger, allgemeine Thier-Chemie; Horngewebe 281.

**) E. H. Weber, Allgemeine Anatomie. Stuttgart 1844. p. 216.

auf dem Boden des Haarsäckchens, in welchen eine Gefässschlinge einkehrt; aus ihrer Oberfläche dringt der Saft, welchen die Zellen des Haarknopfs verbrauchen. Die Höhle des Haarsäckchens stellt einen kolbenförmigen Raum dar, der sich überall auf das innigste an das Haar anlegt, so dass es entsprechend den Durchmessern dieses letztern unten am Knopf desselben weiter und oben gegen den Schaft hin enger wird. Die Wand, welche den engern, dem Kolbenhals entsprechenden Theil der Höhle umschliesst, ist aus sechs Schichten gebaut; zählt man von aussen nach innen, so trifft man zuerst auf eine Lage von dem anatomischen Bau der Cutis, nemlich auf ein Gemenge von elastischem und Bindegewebe; dann folgt eine einfache Lage von kerntragenden Fasern, welche die kreisförmige Peripherie des Balgs umschlingen. Diese Fasern schliessen eine strukturlose Haut ein, auf welcher zuweilen feinstreifige Netzformen aufsitzen; sie wird wiederum bedeckt von einer Lage kugeliger Zellen, welche an der Mündung des Säckchens in die Schleimschicht der Oberhaut übergehen und darum als tiefste Lage vom Epithelium angesehen werden; auf sie folgen mehrere Schichten innig mit einander verbundener Hornschüppchen und schliesslich eine Lage von Platten, welche denen vollkommen gleichen, die als sog. Oberhaut des Haars die Faserschicht derselben einschliessen. — Nahe an der Ausmündung des Haarbalgs öffnen sich in denselben die Gänge kleiner Fettdrüsen, welche auf der äussern Seite des Balgs gelegen sind. An den Grund des Sackes geht ein kleiner, aus Faserzellen zusammengesetzter Muskelstreifen, der in den oberflächlichen Schichten der zunächst gelegenen Cutis entspringt.

Der Hergang, durch den die Kugelzellen des Knopfs aus der Flüssigkeit entstehen, welche sich aus den Gefässen der Warze ergiesst, ist hier wie überall unbekannt; es ist sogar noch zweifelhaft, wie die Form beschaffen sei, welche ursprünglich auftritt. Einige Autoren, namentlich Henle, stellen die Behauptung auf, dass in den die Warze unmittelbar begrenzenden Schichten des Haarknopfs nur Gebilde von der Form der Kerne jener Kugelzellen enthalten seien; sie sind geneigt, aus dieser Beobachtung abzuleiten, dass zuerst diese Kerne und mit Beihilfe derselben dann erst die fertigen Zellen entstehen. Andere Mikroskopiker, namentlich Kölliker, läugnen aber die beständige Anwesenheit dieser Kerne. — Unzweifelhaft gehen aber die ausgebildeten Zellen des Haarknopfs in die Hornschüppchen der Faserschicht und die ver-

trockneten Markzellen über, während die Plättchen des Oberhäutchens aus der oberflächlichsten Epithelienlage des Haarbalgs abstammen, die das emporwachsende Haar an sich klebt und mit sich emporschiebt. — Rinde und Mark des Haares ist somit nichts anderes, als ein Epithelialübergang der Warze, der insofern eigenthümlich ist, als nur die Rindenzellen verhornen, während die Markzellen, ehe sie zu dieser Umwandlung gekommen sind, vertrocknen, so dass sich in den Epithelialfortsatz die mumifizirten Zellen der Schleimschicht hinein erstrecken. — Aus den Eigenschaften der Warze ist es begreiflich, dass das Haar, gleich ihr, an seinem natürlichen Ende zugespitzt ist; aus dem für die Blutflüssigkeit undurchdringlichen Epithelialübergang des Haarbalgs, im Gegensatz zu der für sie durchgängigen Warzenoberfläche, wird es erklärlich, dass das Haar nur von der letzteren aus neue Zellen ansetzen kann, und endlich ist einleuchtend, dass der Hals des Balges den am Knopfe breitern Querdurchschnitt des Haars beim Uebergang desselben in den Schaft zusammenpresst und soweit wenigstens mit dazu beiträgt, dass die Kugelzellen in längliche Schüppchen umgewandelt werden. Die Stärke des Haarschaftes muss darum bestimmt sein von dem Durchmesser des Hohlraums, welchen der Balg umschliesst.

Neben der so eben geschilderten stellt Engel*) nach seinen Beobachtungen noch eine andere Entstehung des Haars hin, die von der Schnittfläche eines abgeschnittenen Haars ausgeht. Da dieselbe bis dahin noch keinem andern Beobachter zu Gesicht gekommen, so würde daraus folgen, dass sie nicht allen Haaren gemein ist. Den Beweis, dass die Haare vom Schnittende auswachsen, findet Engel, vom mikroskopischen Verhalten abgesehen, darin, dass sich an der Schnittfläche oft eine knopfförmige Anschwellung bildet, auf welcher eine Spitze anwächst; schneidet man die neue Spitze etwas über jenem Kolben weg, so entsteht ein zweiter Knopf und von da aus erhebt sich abermals eine Spitze u. s. f. Hier dient also die mit blossem Auge sichtbare erste Anschwellung als Marke dafür, dass die neue Spitze in der That aus der Haarwunde entsprungen ist. Diese neugebildete, oft linienlange Haarspitze enthält alle Elemente des aus dem Säckchen gebildeten Haarschaftes. Ueber die hierbei auftretende Formfolge verweisen wir auf die Abhandlung; begreiflich würde eine Bestätigung der von Engel mitgetheilten Thatsachen von grosser Wichtigkeit für die Zellentheorie sein.

Nach Donders**) hat jedes Haar nur eine gewisse Lebensdauer, hat es diese erreicht, so stirbt es ab und wird durch ein neues ersetzt. So lange es lebt, wächst es aber mit ungleicher Geschwindigkeit.

---

*) Wiener akad. Monatsberichte 1856. Februarheft. — Henle's Jahresbericht für 1856. p. 61. — Förster, Virchow's Archiv XII. 569.

**) Archiv für Ophthalmologie von Arlt, Donders, Graefe, IV. Bd. 1. Abthlg.

Die Cilien, deren Wachsthum von Donders genauer verfolgt wurde, verhalten sich nach folgenden Angaben. Das Lebensalter ist von dem Zeitpunkt an gerechnet, wo die erste Spur des Haars aus dem Balg hervortrat.

Lebensalter in Tagen.	Tägl. Wachsth. in Mm.	Gesammtlänge in Mm.
0—21	0,21	4,50
22—28	0,18	5,75
29—52,55	0,12	8,75
53—140	0,02	11,0

Diese Zahlen zeigen, dass die Geschwindigkeit des Wachsthums mit dem steigenden Alter abnimmt. Kürzere Cilien erreichten auch nur eine kürzere Lebensdauer. Insofern man diese schönen Beobachtungen verallgemeinern darf, wofür das stete Ausfallen der Kopf- und Barthaare genügende Berechtigung zu geben scheint (Langer), so würde sich die typische Länge, welche die Haare auf den verschiedenen Körperorten (Kopf-, Lippenhaut u. s. w.) erreichen, dadurch erklären, dass jedem eine bestimmte Lebensdauer gegönnt wäre.

Auf die Geschwindigkeit des Haarwachsthums soll einen Einfluss üben: das Abschneiden, was Donders an den Cilien nicht bestätigt fand; ferner das Lebensalter der Individuen und die Tages- und Jahreszeit, indem bei jugendlichen Menschen, bei Tag und im Sommer die Längenzunahme in der Zeiteinheit grösser sei, als im Alter, bei Nacht und im Winter (Berthold).

Der Stoffwechsel in dem fertigen Haar ist gering, aber nicht immer gänzlich fehlend. Einmal nemlich wird das Haar durch die Säfte, welche aus den Fettdrüsen der Haarbälge austreten, eingeölt; dieses Oel muss natürlich in dem der Luft ausgesetzten Schafte verwesen, und der daraus erfolgende Abgang wird wenigstens in allen fetten Haaren durch neues aus dem Balge nachdringendes ersetzt. — Auf eine Umwandlung der Stoffe des fertigen Haares deutet das Ergrauen derselben; dieses kommt durch eine Vermehrung seines Luftgehaltes zu Stande, indem sich derselbe nicht mehr auf das Mark beschränkt, sondern auch auf die Rinde ausdehnt. Diese merkwürdige Lückenbildung in der Rinde tritt nemlich häufig auch in den Theilen des Haares ein, welche den Balg schon verlassen haben (Ergrauen der Spitzen). — Ueber pathologische Luftbildung in den Haaren handelt A. Spiess *).

*) Henle's und Pfeufer's Zeitschrift. 3. Reihe. V. Bd. 1.

Ueber den periodischen Haarwechsel der Thiere und insbesondere über das anatomische Verhalten der Warze und der aus ihren Flüssigkeiten herrührenden Zellen hat Steinlin*) sehr genaue Beobachtungen mitgetheilt. Siehe hierüber auch Kölliker und Langer.

Die Bewegungen des Haars (das Haarsträuben) bestehen, wie es die Lagerung des Balgmuskels erwarten lässt, in einem Aufrichten des schiefgelegten Haares.

Elastisches Gewebe.

1. Seine elementare anatomische Anordnung**) ist mannigfaltig; bald erscheint es als homogene oder auch als durchlöcherte Haut, bald in schmalen oder breiten Fasern, die einfach geschlängelt und verästelt oder mit nebenliegenden zu Netzen verbunden sind, und endlich soll es auch in feinen, einfachen oder verästelten Röhren, die mit den anliegenden zu einem feinen Gefässwerk verschmolzen sind, auftreten (Virchow, Donders).

2. Chemische Beschaffenheit. Die Zusammensetzung der Flüssigkeit, welche die festen Theile des elastischen Gewebes durchtränkt oder zwischen den Lücken und Höhlen desselben enthalten ist, kennen wir nicht. Die feste Masse selbst zeichnet sich aus durch ihre Unlöslichkeit in kalten verdünnten Mineralsäuren und ihre Schwerlöslichkeit in Kalilauge. Mit Säuren, Kali, Aether, Alkohol und Wasser gereinigt, zeigt der Stoff die im I. Bd. p. 56 angeführte prozentische Zusammensetzung.

3. Physikalische Eigenschaften. a) Im durchfeuchteten Zustand ist seine Elasticität sehr vollkommen und sein Elasticitätscoëffizient ein niedriger. Seine Cohäsion ist unter allen Umständen beträchtlich, sie scheint dabei jedoch nach verschiedenen Richtungen hin nicht gleichmässig zu sein. — Seine endosmotischen Eigenschaften sind sehr unvollkommen bekannt. Es zieht begierig Wasser an, quillt in kaltem Wasser bedeutender als in heissem auf; im Gegensatz zum Bindegewebe wird es durch Essigsäure nicht aufgeschwellt. Als Scheidewand zwischen diffundirende Flüssigkeit aufgestellt, verhält es sich unter Umständen eigenthümlich; so verwehrt z. B. nach Brücke das aus elastischem Stoff bestehende Schaalenhäutchen des Hühnereies dem flüssigen Eiweiss den Durchgang; dasselbe

*) Henle's und Pfeufer's Zeitschrift. I. Reihe. IX. Bd.

**) Kölliker, Gewebelehre. 3. Auflage. p. 68. — Virchow, Würzburger Verhandlungen. II. Bd. p. 150. — Henle, im Jahresbericht über allgem. Anatomie für 1851 p. 28 und 1852 p. 20.

leistet die innere Arterienhaut, wenn sie vorher in einer zweiprozentigen Kochsalzlösung gelegen (C. Ludwig). Eine genauere Untersuchung der hier einschlagenden Eigenschaften wäre insbesondere wünschenswerth, wenn sich die Vermuthung rechtfertigt, dass die Haut der Blutgefässcapillaren und die der feinsten Drüsengänge aus elastischem Gewebe gebildet ist.

4. Ernährung. a) Die Zusammensetzung des festen Stoffs beweist, dass er aus eiweissartigen Atomen hervorgegangen sein muss; eine Hindeutung auf die hierbei vorkommende chemische Umsetzung gewährt die (Bd. 1. p. 56) mitgetheilte Erfahrung von Zollikofer, welche darthut, dass aus dem Eiweiss, indem es in elastisches Gewebe übergegangen, die Atomgruppe entfernt wurde, aus der Tyrosin bei der durch Schwefelsäure eingeleiteten Zersetzung hervorgehen kann. — Die Formfolge, welche bei der Hervorbildung des elastischen Stoffs aus der Flüssigkeit auftritt, ist bis dahin noch Gegenstand des Streites; einige Anatomen, unter ihnen Schwann, Kölliker, Virchow und Donders, behaupten, dass es ein Umwandlungsprodukt vorgängig entstandener Zellen sei, während Henle*) aus der Untersuchung des Nackenbrandes die Berechtigung für eine solche Annahme bestreitet. Bei der bekannten Gründlichkeit beider Parteien kann die Ursache der Abweichung nur in der noch mangelhaften Methodik gefunden werden. Die elastischen Gewebsformen gehören zu denjenigen, welche sich auch im ausgewachsenen Organismus neu bilden können. — b) Von den Veränderungen des einmal aufgebauten Gewebes ist wenig bekannt. Seine Armuth an Blutgefässen lässt schliessen, dass sein Umsatz während des Lebens gering sei; hiermit in Uebereinstimmung steht die Thatsache, dass es bei Abmagerung aller übrigen Körperbestandtheile an Gewicht und Umfang nicht beträchtlich abnimmt. Von einer jeglichen Veränderung während des Lebens ist es jedoch nicht ausgeschlossen, denn es kann an einzelnen Orten unter günstigen Umständen schwinden, wie dieses thatsächlich an den Wandungen solcher Gefässe feststeht, deren Lumen verschlossen wurde. — Einen besondern Weg würde die sich in ihm verbreitende Flüssigkeit finden, wenn die Röhrennatur der sog. Kernfasern festgestellt würde; in diesem kleinen geschlossenen Canalsystem würde sich die Flüssigkeit, nachdem sie in dasselbe auf endosmotischem Wege eingedrungen wäre, weiter verbreiten können.

---

*) L. c. 1851. p. 29.

Bindegewebe.

1. Das Mikroskop in Verbindung*) mit der chemischen Zerlegung weist in dem Bindegewebe nach: leimgebende Fasern und Fibrillen, einen eiweissartigen Zwischenstoff, elastische Fasern und zellenartige Gebilde (Jordan, Henle, Baur, Rollet). Die leimgebenden Faserzüge, welche den weitaus grössten Theil des Bindegewebes ausmachen, können entweder (in Sehnen, Aponeurosen, Bändern, der Sclerotica) sogleich in sehr feine Fäden auseinandergezerrt werden, oder die mechanischen Hilfsmittel zerlegen sie (in der Lederhaut, im formlosen Bindegewebe, in der tunica conjunctiva, adventitia, submucosa) vorerst nur in breite Fasern, welche sich durch Kalk- oder Barytwasser schliesslich ebenfalls in Fibrillen spalten lassen. Die breitern und feinern Fasern sind zu Bündeln vereinigt, indem eine grössere Zahl paralleler Fasern durch eiweissartigen Bindestoff verklebt ist. Diese Bündel werden von einander geschieden durch strukturlose Scheiden (Reichert, Henle) oder auch durch umspinnende und zum Theil in die Bündel eindringende Faserzüge (Rollet, Henle). In und zwischen diese leimgebenden Faserzüge sind eingebettet feine, oft zu Netzen verbundene elastische Fasern und eine besondere Art von Körperchen, welche zusammengefallenen Zellen ähnlich sehen, die nach zwei Seiten hin in feine Fäden auslaufen. Ausser diesen allgemein anerkannten Einlagerungen fanden sich Virchow und nach ihm Leydig u. A. veranlasst, und zwar in Folge der Bilder, welche ein senkrecht gegen die Richtung der Faserbündel geführter Schnitt zum Vorschein bringt, noch sternförmig verästelte Zellen zwischen den Bündeln anzunehmen. Da diese sternförmig verästelten Zellen bis dahin noch nicht gesondert dargestellt werden konnten, so lassen andere Anatomen (Henle, Rollet) die sternförmigen Figuren, welche die Annahme von Zellen hervorriefen, nur als einen Ausdruck für die Lücken gelten, welche zwischen den Bündeln übrig blieben. Die Bündel sind mannigfach angeordnet, bald verlaufen sie annähernd parallel, bald durchflechten sie sich nach den verschiedensten Richtungen und zuweilen so innig, dass wie z. B. an der Oberfläche des Coriums und der Cornea der Anschein einer strukturlosen Schicht entstehen kann (Rollet). — Die molekulare Struktur der Fasern scheint eine sehr eigenthümliche zu sein, denn die Fasern

*) Siehe die Literatur des elastischen Gewebes und ausserdem — Henle, Jahresbericht für 1857 p. 35. — Rollet, Wiener akad. Sitzungsberichte. XXX. Bd. p. 37. — Alb. Baur, die Entwicklung der Bindesubstanz. Tübingen 1858.

brechen das Licht doppelt, eine Eigenschaft, die sie im gequollenen Zustand entweder aufgeben oder beibehalten (W. Müller). Dem entsprechend ist die Formänderung, welche die Fasern bei der Quellung annehmen, eine verschiedene, indem sie durch gewisse Mittel nur nach einer, und durch andere nach verschiedenen Seiten sich ausdehnen. So dehnen sie sich durch Essigsäure allseitig (?), durch Cl Ca nur nach der Breite aus, durch kochendes Wasser werden sie verkürzt u. s. w.

2) Chemische Beschaffenheit. Die Formbestandtheile des Bindegewebes sind im Leben mit einer Feuchtigkeit durchtränkt, und ausserdem liegt in den Lücken zwischen den Blättern und Faserbündeln Feuchtigkeit eingeschlossen. Ihre Zusammensetzung ist unbekannt. — Die festen organischen Bestandtheile bieten, mit Alkohol, Aether und Wasser gereinigt, die prozentische Zusammensetzung des Leims dar (Scherer und Winkler). Wenn man aus dieser Thatsache schliesst, dass sich das Bindegewebe beim Kochen ohne Veränderung seiner Zusammensetzung in Leim auflöse, so ist damit nur ausgesprochen, dass die Analyse dieses Körpers nur in sehr weiter Fehlergrenze das Richtige trifft. Ohne dieses müsste man nemlich gerade das Entgegengesetzte behaupten, weil Bindegewebe selbst da, wo es am reinsten vorkommt, einen in Kalk- und Barytwasser löslichen Eiweissstoff (Rollet) und zudem immer noch bedeutende Mengen von solchen Geweben enthält, welche sich beim Kochen nicht auflösen. Zellinsky*) fand den unlöslichen Rückstand der 4—6 Tage lang gekochten Sehnen zu 4—5 pCt.

Man hat sich erlaubt, auf die chemische Beschaffenheit der Bindegewebsflüssigkeit, zu schliessen aus derjenigen, welche beim Zellgewebsödem das Bindegewebe erfüllt oder gar aus dem Safte, welcher in Folge von Entzündungen aus den Gefässen des Bindegewebes austritt**). Diese letzte Annahme verdient keine Berücksichtigung. Die Oedem erzeugende Flüssigkeit, welche nach Schmidt stark alkalisch reagirt, besteht in 100 Theilen aus 0,36 pCt. organischer Bestandtheile (die vorzugsweise Eiweiss, aber keinen Faserstoff enthalten), aus 0,77 Salzen und 98,87 Wasser. — Die Annahme einer Uebereinstimmung zwischen dieser und der normalen Zellgewebsfeuchtigkeit dürfte darum gewagt erscheinen, weil, so weit wir wissen, ein Oedem nur eintritt, wenn eine wesentliche Veränderung in der Zusammensetzung des Bluts vor sich gegangen, oder wenn der Strom in den Blutgefässen des Bindegewebes in Folge einer Hemmung desselben in den Venen unter einer erhöhten Spannung fliesst. — Viel wahrscheinlicher ist es, dass die Lymphgefässe, und namentlich ehe sie in die Drüse eintreten, den Saft der Zellgewebslücken enthalten, welchem wir, gestützt auf die Quellungserschei-

*) Henle's Jahresbericht für allgem. Anatomie für 1853. p. 28.

**) C. Schmidt, Charakteristik der epidem. Cholera. Mitau 1850. 123.

nungen, nicht ohne Weiteres dieselbe Zusammensetzung zuschreiben dürfen mit demjenigen, der die feste Masse selbst durchfeuchtet.

3. Ernährungserscheinungen. Das leimgebende Bindegewebe entsteht unzweifelhaft aus eiweissartigen Stoffen, denn es enthalten Blut und Eier keinen oder wenigstens nur sehr sehr selten Leim, und die Analogie in der Zusammensetzung und der chemischen Constitution bürgt dafür, dass der Leim ein umgewandeltes Eiweiss ist. Hiermit befindet sich die Thatsache nicht im Widerspruch, dass die sog. Granulationsgebilde, welche im Begriff stehen, zu Bindegeweben zu werden, und ebensowenig das in der Bildung begriffene schon deutliche Faserung zeigende Bindegewebe beim Kochen keinen Leim liefern (Güterbock, Schwann, Drummond) *). Wie diese Umwandlung des Eiweisses in Leim vor sich geht, kann nicht einmal vermuthungsweise ausgesprochen werden; der gewöhnliche Ausdruck, dass dieser Vorgang zu den Oxydationsprozessen zähle, begründet sich dadurch, dass 100 Theile Leim mehr Sauerstoff, als das Eiweiss enthalten.

Das Bindegewebe **) gehört zu den festen Bestandtheilen des Thierkörpers, welche sich während des Wachsthums und auch in erwachsenem Zustande sehr leicht neu bilden. Die Formen, welche man an den Orten findet, an welchen neues Bindegewebe entsteht, sind mannigfache, und zwar: 1) eine gedrängte Masse von rundlichen Zellen, deren Wand in Essigsäure unlöslich ist und die im Innern eine durchsichtige Flüssigkeit und eine oder zwei stark lichtbrechende Kügelchen enthalten; 2) zwischen diesen Zellen oder Kernen ist eine gallertartige, formlose Substanz eingebettet, 3) oder eine homogene zähe Masse, in der einzelne Zellen liegen, deren Wandungen mit jener Masse verschmolzen sind; 4) kernhaltige Zellen, von deren Wand Ausläufer abgehen, die mit den entsprechenden Verlängerungen der benachbarten Zellen verschmelzen und somit Zellennetze darstellen; in dem Raum, den diese Netze umschliessen, ist eine formlose Masse eingebettet; 5) eine gedrängte Masse von platten, oblongen oder aber von spindelförmigen Körperchen, die einen sog. Zellenkern enthalten. Die schmalen Enden

*) J. Vogel, Pathol. Anatomie. p. 143. — Schlossberger, Allgemeine Thierchemie, Bindegewebe 120.

**) Henle, Rationelle Pathologie. II. 1. Abth. p. 716 u. f. u. 821. — Reichert, Bemerkungen zur vergl. Naturforschung. 1845. p. 106. — Kölliker, Handbuch der Gewebelehre. 2. Auflage. p. 71. — Henle's Jahresbericht über allgem. Anatomie für 1852. p. 20. — Remak, Müller's Archiv. 1852. p. 63. — Thierfelder, De regeneratione tendinum. Misenae 1852. — J. Meyer, Annalen der Charité. IV. Bd. — A. Baur, die Entwicklung der Bindesubstanz. Tübingen 1858.

dieses Gebildes sind öfter mit den entsprechenden Rändern der anstossenden verwachsen.

Je nachdem man diese Thatsachen verknüpft, lassen sich verschiedene Vorstellungen bilden über die Formfolge des entstehenden Bindegewebes. Man hat u. A. nachstehende Zusammenstellungen versucht: 1) Das Bindegewebe geht hervor aus den vergrösserten und verschmolzenen Zellhäuten. 2) Die freien Kerne, welche in der formlosen Grundmasse liegen, bestimmen ihre nächste Umgebung dahin, sich loszureissen von den Nachbarorten, so dass damit die Grundmasse in einzelne Plättchen oder Fasern zerfällt. 3) Die Auslaufer der verästelten Zellenhäute verwandeln sich in Bindegewebsstränge. 4) Die ursprünglich strukturlose gallertartige Masse wird zähe, faltet oder fasert sich aus, die eingesprengten Kerne verschmelzen mit derselben. 5) Die strukturlose Masse verändert sich, wie unter 4. angegeben wurde, und die verästelten Zellen stellen die Virchow'schen Bindegewebskörper dar. 6) Aus den Zellen gehen Formen hervor, welche mit dem Bindegewebe im engern Wortsinn nichts gemein haben, wie z. B. Gefässe, elastische Fasern u. dergl. — Es dürfte kaum anzugeben sein, welche Meinung das Uebergewicht über die andere hat, oder ob gleichzeitig mehrere oder vielleicht keine von ihnen berechtigt ist.

Rücksichtlich der übrigen Erfordernisse für die Neubildung von Bindegewebe steht fest, dass sich dasselbe nur in denjenigen flüssigen Absonderungen bildet, welche sich in geringer Menge zwischen den festen Theilen des thierischen Körpers finden; dass sich aber niemals die festen Massen, welche frei in einer Flüssigkeit schwimmen, zu Bindegewebe umformen. So tritt z. B. an die Stelle eines Blutpfropfs, der sich in einer unterbundenen Arterie findet, mit der Zeit eine Bindegewebsmasse, während eine Flocke von Faserstoff, die in einer Flüssigkeit schwimmt, welche in einem serösen Sacke ausgetreten ist, niemals zu Bindegewebe wird, und ebenso bilden sich auf dem Boden einer eiternden Fläche Bindegewebsmassen, aber die Eiterkörperchen selbst, welche im Eiterserum suspendirt sind, wandeln sich nicht darin um. — Eine andere Frage, die man öfter erhoben, aber niemals mit Sicherheit beantwortet hat, besteht darin, ob die Flüssigkeit Faserstoff enthalten müsse, wenn sie zur Entstehung neuen Bindegewebes Veranlassung geben solle.

Ueber den Umsatz des einmal fertigen Bindegewebes ist wenig bekannt. Die gewöhnliche Annahme geht dahin, dass es sich un-

verändert erhalte oder mindestens sehr wenig verändere. Die Gründe dafür findet man darin, dass dasselbe nach dem Tode langsamer als die Muskeln und Nerven fault; darin, dass bei einer eintretenden Abmagerung die vorzugsweise aus Bindegewebe bestehenden Theile, wie z. B. die Sehnen, wenig an ihrem Umfang verlieren; und endlich darin, dass viele der Bindegewebsorgane (Sehnen, Unterhautzellgewebe, seröse Häute) mit nicht sehr zahlreichen Gefässen versehen sind. — Chirurgischen Erfahrungen zufolge verhält sich das neugebildete, in Narben eingelagerte Bindegewebe oft eigenthümlich, da es häufig nicht für die Dauer besteht, sondern kaum gebildet, auch wieder verschwindet. Auf diese Weise deutet Roser *), und wie es scheint mit Recht, die bekannte Thatsache der Narbenschrumpfung, die darin besteht, dass die Narbenmasse, welche die mit Gewebsverlust verbundenen Wunden ausfüllt, allmählig wieder und zwar so weit aufgelöst wird, dass sich die Ränder der unverletzten Haut, welche bis dahin auseinandergehalten wurden, wieder aneinander legen. Diese Verschrumpfung erfolgt nach Roser nur dann, wenn die Haut bis zum Unterhautbindegewebe zerstört war, und unter diesen Bedingungen am leichtesen bei kräftig constituirten Menschen und da, wo die Narbe von einer leicht dehnbaren und nachgiebigen Haut umgeben wird. Wo sie aber auch eintritt, erfolgt sie nach gewissen Richtungen leichter, als nach andern, so am Hals, am Penis, der hintern Wand der Scheide, vorzugsweise nach der Längenachse jener Organe. Die grosse Bedeutung dieses Vorgangs als Heilmittel hat Roser wiederholt hervorgehoben.

Die Anordnung des Bindegewebes aus verschieden gerichteten ungleich starken Faserzügen müssen die Entstehung vieler Lücken veranlassen, welche, insofern sie nicht zusammengepresst werden, sich mit Flüssigkeit füllen können, wie diess in ungewöhnlich reichlichem Maasse beim sog. Oedem beobachtet wird. Diese besondere Struktur wird also unter allen Umständen der aus dem Blut in das Bindegewebe eingetretenen Flüssigkeit die Bewegung erleichtern. — Ausser diesen durch die zufälligen Poren vorgezeichneten Wegen weisen einige Physiologen der Bindegewebsflüssigkeit noch einen andern an, nemlich durch die unterstellten Höhlungen der netzförmig verflochtenen, feinen elastischen Fasern in dem mit feinen Ausläufern versehenen zellenartigen Gebilde; diese An-

*) Schriften der Gesellschaft der Naturwissenschaften zu Marburg. VIII. Bd. 1857. 261.

sicht wird von dem Tage an sehr belangreich werden, wo die behauptete anatomische Thatsache sicher gestellt ist.

Gemenge aus elastischem und Bindegewebe.

Aus einer Verbindung des elastischen und des Bindegewebes, bei der bald das eine und bald das andere überwiegt, sind sehr zahlreiche Platten, Stränge, Beutel, Falten u. s. w. aufgebaut. Wir erinnern hier nur an die Cutis mit dem panniculus, die Schleimhäute mit der tunica nervea, die Faszien, die weiten und engen Gefäss-, Muskel- und Sehnenscheiden, die Sehnen, die serösen Häute, die Sclerotica, Cornea u. s. w. Woher die auffallenden Abweichungen, die sich beziehen auf das Uebergewicht entweder des Binde- oder des elastischen Gewebes, die Anordnung und Gedrängtheit der Bindegewebsbündel u. s. w., rühren, ist unbekannt. Je nach dem Gefässreichthum und ihrer Einordnung in andere Gewebe und Flüssigkeiten werden ihre Lebenseigenschaften mannigfach verschieden sein, Verschiedenheiten, die wir an mancherlei Orten hervorgehoben haben und noch hervorheben werden.

Die Rolle, welche die auf diese Art zusammengesetzten Gebilde spielen, ist, so weit wir wissen, meist bedingt durch ihre cohäsiven und elastischen Eigenschaften. Unter diesem Gesichtspunkte haben wir Sehnen und Faszien schon erwähnt; wir weisen noch hin auf die Cutis, welche einmal ein elastischer Ueberzug über alle andern tiefer gelegenen Organe darstellt, und dann als Lager der Haarbälge, der Gefässe für die Absonderung der Oberhaut, der Schweiss- und Fettdrüsen und endlich als ein Hilfswerkzeug für den Tastsinn hervorragt.

In anderer Weise als die bisher aufgezählten Gebilde sind die serösen Häute, die Sehnenscheiden und die Cornea wichtig.

Seröse Häute.

1. Anatomische Beschaffenheit. Die serösen Häute bestehen bekanntlich aus elastischem und Bindegewebe, auf ihrer freien Fläche sind sie meistentheils mit einem Epithelium besetzt, das bald ein einschichtiges und bald ein mehrschichtiges ist. Die Zellen selbst gleichen denen in der mittleren Lage der Epidermis. Nach einzelnen Autoren (Todd und Bowmann) sitzen diese nicht unmittelbar auf dem Bindegewebe, sondern auf einer sehr dünnen, glashellen, strukturlosen Membran, die sich zwischen die Deckzellen und das Bindegewebe einschiebt. Hier wie an der Cutis und Cornea dürfte diese Strukturlosigkeit nur eine scheinbare sein und das Bindegewebe bis zum Epithelium reichen.

2. Seröse Flüssigkeiten. In der Höhle der serösen Säcke ist eine Flüssigkeit enthalten, die an den verschiedenen Orten nach Zusammensetzung und Menge Abweichungen bietet. Die Bedingnisse dieser Abweichungen, insbesondere die von dem Ort, der Absonderungsfläche, dem Druckunterschied in dem serösen Sack und dem Blutstrom, der Aufenhaltsdauer im Körper u. s. w. könnte leicht Gegenstand genauer Versuche an Thieren werden.

a. Hirnwasser *). In den Lücken zwischen Arachnoidea und der Hirn- und Rückenmarksfläche, wenn man will in den Maschen der oberflächlichsten Gefässhautschichten, liegt eine Flüssigkeit, welche aus Eiweiss, Extraktivstoffen und den Salzen des Bluts besteht. — Die quantitative Zusammensetzung derselben scheint bei verschiedenen Individuen und selbst dann, wenn sie in krankhaft vermehrter Menge abgesondert wird, wenig Verschiedenheit zu bieten.

Nach den Analysen von Tennant, Bostock, Marcet, Lassaigne, L'héritier, Barruel, Haldat, Berzelius, Mulder, Landerer, C. Schmidt und Schlossberger liegt ihr Wassergehalt zwischen 98,0 und 99,1 pCt. Unter den festen Bestandtheilen findet sich 1,3 bis 0,05 Eiweiss, 0,4 bis 0,2 Extrakte; diesen kommt ein Bestandtheil zu, welcher CuO reduzirt (Bussy), da er jedoch mit Fermenten keine CO_2 liefert, so kann es kein Zucker sein (Turner); Cl. Bernard **) findet dagegen in allen gut genährten Thieren das Hirnwasser zuckerhaltig; verschwindet in Folge von Nahrungsentziehung der Zucker aus der Leber, so ist er auch an unserm Ort nicht mehr zu finden. Endlich enthält das Hirnwasser 1,0 bis 0,5 pCt. Salze; unter ihnen ist das NaCl vorwiegend. Als Beispiel geben wir eine vollkommene Analyse von C. Schmidt: Wasser = 98,67; organ. Subst. = 0,37; $2\,NaO\,PO_5$ = 0,06; $KO\,SO_3$ = 0,01; NaO = 0,18; KaCl = 0,22; NaCl = 0,44; $3\,CaO\,PO_5$ und $3\,MgO\,PO_5$ = 0,03. Nach den Beobachtungen von Schmidt soll ein wesentlicher Unterschied zwischen den in der Hirnhöhle und den auf der Hirnoberfläche enthaltenen Flüssigkeiten bestehen. Die erstere soll constant nur Spuren von Eiweiss zeigen, während die letztere eiweisshaltiger ist. Die Wahrscheinlichkeit, dass diese Zusammensetzung den Flüssigkeiten während des Lebens angehöre

*) Berzelius, Handbuch d. Chemie. IX. Bd. p. 198. — L'héritier, chimie pathol. p. 578. — Landerer, Buchner's Repertorium. 25. Bd. — Tennant, Journal de chimie médic. 1838. — Schmidt, Charakteristik der epidemischen Cholera. p. 116 u. f. — Valentin, Lehrbuch I. Bd. p. 626. — Schlossberger, allgemeine Thierchemie. Nervensystem p. 140.

**) Leçons de Physiologie 1855. 1. Bd. p. 113.

und namentlich nicht in der Leiche wesentliche Veränderungen erfahren habe, wird begründet durch die gleichlautende Analyse des Hirnwassers, was man durch Punktion von lebenden Wasserköpfen (Landerer, Schmidt, Schlossberger) oder aus lebenden Thieren gewonnen (Lasseigne, Schmidt). Wenn die Flüssigkeit durch Punktion entleert wird, so bildet sie sich rasch von Neuem, und es zeigt die neue Flüssigkeit die Zusammensetzung der frühern (Schmidt).

b. Herzwasser*). Der flüssige Inhalt des Herzbeutels ist bei gesunden Enthaupteten von Lehmann und Gorup untersucht. In 100 Theilen wechselte das Wasser zwischen 95,51 bis 99,2, das Eiweiss zwischen 2,47 bis 0,1, die Salze zwischen 0,73 bis 0,1. Ein faserstoffhaltiges Gerinnsel fiel unter den drei Beobachtungen nur einmal aus die Flüssigkeit.

Krankhafte Ansammlungen sind häufiger und mit sehr wechselnden Resultaten untersucht worden; sie erwiesen sich ebenfalls bald faserstoffhaltig und bald faserstofffrei. Unter den Salzen überwog immer das Kochsalz.

c. Brustwasser**). Der Inhalt der Pleura ist noch nicht aus dem lebenden gesunden Menschen oder Thier untersucht worden. — Wenn das Brustwasser krankhaft vermehrt ist und dann abgelassen wird, so ersetzt es sich rasch wieder, vorausgesetzt, dass sich die Lunge nicht mehr bis zur vollständigen Ausfüllung des Brustraums ausdehnen kann. Wird dann die Flüssigkeit wiederholt abgelassen, so besitzt sie jedesmal annähernd dieselbe Zusammensetzung (Vogel, Scherer, Schmidt).

d. Bauchwasser. Dasselbe ist nur dann untersucht, wenn es in krankhafter Menge abgeschieden war. Man fand in ihm constant Eiweiss, Extrakte und die Blutsalze; in einzelnen Fällen Faserstoff, Harnstoff (bei Nierenleiden?), Zucker, Fette und Gallenpigment. — Wird die Flüssigkeit entleert, so entsteht sie meist rasch wieder und behält die Zusammensetzung, die sie ursprünglich besass (Schmidt, J. Vogel).

Vergleichung der Flüssigkeiten aus der Hirn-, Brust- und Bauchhöhle. Aus einer grösseren Zahl von Beobachtungen des Hirn-, Brust- und Bauchwassers an verschiedenen Individuen und einer gleichzeitigen an den drei Flüssigkeiten desselben Menschen zieht Schmidt einige allgemeine Schlüsse. — a. Der Eiweissgehalt der wässrigen Ergüsse in den genannten Höhlen erreicht niemals den des Blutserums. — b. Findet gleichzeitig in einem Individuum eine vermehrte Absonderung in den drei Höhlen

*) L'héritier, l. c. — Lehmann, Lehrbuch der physiol. Chemie. II. Bd. 309. — Gorup, Jahresbericht von Scherer für 1851. p. 97.

**) L'héritier, l. c. — J. Vogel, Patholog. Anatomie. p. 26. — Scherer, Chemische Untersuchungen zur Pathologie. 1843. 106 u. f. — Schmidt, l. c. p. 122.

statt, so ist in dem Hirnwasser am wenigsten und in dem Brustwasser am meisten Eiweiss. — F. Hoppe *) bestätigt diesen Satz mit dem Beifügen, dass die wässerige Ansammlung im Bindegewebe (Oedem) ärmer an Albumin als das Brust- und Bauchwasser sei. Damit sich jedoch die Flüssigkeiten der genannten Reihenfolge v. Schmidt einfügen, müssen sie ungefähr zu gleicher Zeit gebildet sein und gleich lange an der natürlichen Lagerungsstätte verweilt haben.

e. Hodenwasser. Die Flüssigkeit der vagina testis propria, die nur bei krankhafter Vermehrung derselben untersucht wurde, enthält ausser den wiederholt aufgezählten Bestandtheilen der übrigen serösen Säfte meist noch Cholestearin in reichlicher Menge und Bernsteinsäure (W. Müller) **). Die Verhältnisse, in denen die genannten Stoffe gemischt sind, und namentlich die Menge des Eiweisses und Cholestearins wechselt ohne bekannte Veranlassung so ausserordentlich, dass die Zusammenstellung von Zahlenwerthen für Flüssigkeiten, die aus verschiedenen Menschen genommen wurden, ohne Bedeutung ist.

W. Müller fand in einer Hydroceleflüssigkeit, die zu vier verschiedenen Zeiten demselben Menschen entzogen wurde, Folgendes (die Zusammensetzung ist in Proz. ausgedrückt):

Entleerung.	Anwesenheitsdauer in der Scheidenhaut.	Menge d. Flüssigkeit.	Eiweiss.	Salze.	Wasser.
1.	unbestimmt.	210 C. C.	4,87	0,97	93,56
2.	18 Tage.	180 C. C.	4,38	0,82	94,01
3.	33 „	215 C. C.	4,79	0,85	93,65
4.	52 „	Ueber 250 C. C.	5,17	0,92	93,40

f. Gelenkschmiere. Ihre Bestandtheile sind diejenigen, welche den serösen Flüssigkeiten überhaupt zukommen, und ausserdem noch Schleimstoff und unter allen Umständen abgestossene Epithelialzellen. Die quantitative Zusammensetzung soll nach Frerichs ***) mit dem Alter und dem Bewegungszustande des Gelenkes wechseln; er stützt sich hierbei auf die Untersuchung je eines Falles.

Nach Frerichs enthält die Synovia:

	Kalb.	Im Stall gemästeter Ochse.	Ochse, der auf der Weide zugebracht hatte.
Wasser	96,56	96,99	94,85
Schleim und Epithelien	0,32	0,24	0,56
Fett	0,06	0,06	0,08
Eiweiss und Extrakte	1,99	1,57	3,51
NaOCl, $KOSO_3$, $CaOCO_2$, phosphorsaure Salze	1,06	1,13	1,00

*) Virchow's Archiv. IX. Bd. 245.

**) Henle's und Pfeufer's Zeitschrift. N. F. VIII. Bd. 130.

***) Wagner's Handwörterb. III. 5. p. 463.

Die Gelenke des jungen und des ruhenden Thiers enthielten mehr Flüssigkeit als die des sich bewegenden. — Die abgestossenen Epithelialschuppen sollen sich nach Frerichs mit Hinterlassung der Zellenkerne in der alkalisch reagirenden Gelenkschmiere auflösen, und diese Auflösung soll die Quelle des Schleims sein. Nach Luschka *) dagegen soll sich die Höhlung der Zellen mit Fett füllen, worauf diese selbst allmählig zu Grunde gehen.

Sehnenscheiden und Schleimbeutel. Die Wand dieser Höhlungen schliesst sich den serösen Säcken insofern an, als sie aus einer Grundlage von Bindegewebe und einer diesem aufsitzenden, nach der Höhlung gerichteten einfachen Pflasteroberhaut besteht; die vollkommene Uebereinstimmung wird aber getrübt, einmal dadurch, dass die Bindegewebshaut der meisten Schleimbeutel und alle Sehnenscheiden keinen vollkommenen Sack von den anliegenden Bindegewebsräumen abschliesst, und nächstdem auch durch die unvollkommene Ueberkleidung der vorhandenen Wände mittelst Oberhaut. — Die schleimige, nach dem äussern Ansehen der Gelenkschmiere ähnliche Flüssigkeit, welche in diesen Höhlen enthalten ist, hat noch keine Untersuchung erfahren. In ihr setzen sich häufig durchscheinende, gelbliche Klümpchen eines stark mit Flüssigkeiten durchtränkten Stoffes ab. Nach Virchow **) reagiren sie stark alkalisch, lösen sich nur theilweise in Wasser, hinterlassen verbrannt eine stark alkalische Asche und stellen sich durch ihre Reaktion unter die eiweissartigen Stoffe. Mit Schleim sind sie nicht identisch.

Hornhaut.

Die anatomischen Elemente ***) der Hornhaut im engern Wortsinn sind Fasern und zellenartige Gebilde. Die erstern sind platt und lassen sich nicht in Fibrillen zerspalten; indem sich eine grosse Zahl derselben mit je ihrer breitern Fläche zusammenlegt, entstehen aus ihnen bandartige Bündel, in denen also die breite Seite der Fasern senkrecht auf der breitern Fläche des Bündels steht. In den mittlern und innern Schichten des Hornhautkörpers laufen die Bündel parallel der Hornhautwölbung, wobei sich die in derselben Ebene liegenden nach Art einer Matte verflechten. Hiernach besteht der genannte Theil der Cornea aus vielen conzentrischen Lagen, von denen jede einzeln wieder aus jenem Fasergeflecht hervorgeht.

*) Structur der serösen Häute. Tübingen 1851. p. 13.

**) Würzburger Verhandlungen. II. Bd. p. 281.

***) His, Beiträge zur Histologie der Hornhaut. Basel 1856. — Henle's Jahresberichte von 1852 an. — Rollet, Wiener akad. Sitzungsberichte. XXXIII. 516.

Nahe der vordern Grenze der Cornea neigen sich die Bündel auch gegen die Hornhautfläche, so dass hier wegen allseitiger Faserndurchkreuzung eine innige Verfilzung zu Stande kommt, welche den Anschein einer homogenen Platte, die sog. vordere Glaslage der Hornhaut erzeugt (Rollet). Zwischen den Netzplatten der Hornhaut sind zellenartige Gebilde eingelagert, welche nach mehreren Seiten hin Fortsätze schicken (Toynbee, Virchow, His). Der hintern Fläche der Hornhaut schliesst sich eine wahre Glashaut (membrana descemetii), der vordern ein Epithelium an, welches in den gleichnamigen Theil der conjunctiva übergeht. — Blutgefässe besitzt die Hornhaut nur am äussersten Rande. Ihre Nerven empfängt sie zum Theil aus dem hintern Ciliarnerven, zum Theil aus dem der conjunctiva; sie verbreiten sich vorzugsweise in den vordern Lagen der Hornhaut; Lymphgefässe sind nicht mit Sicherheit beobachtet.

Die Formen der Hornhaut im engern Sinne gewinnen je nach der Präparationsweise ein verschiedenes Ansehen. Die obige Schilderung ist nach den Angaben von Rollet entworfen, welcher sich des übermangansauren Kalis als Zerlegungsmittel bediente, in welchem die Hornhaut, ohne wesentlich zu quellen und zu schrumpfen, in jene Fasern zerfällt. Henle trocknet die Hornhaut und weicht ihre feinen Schnitte wieder auf; Virchow und His härteten sie in Holzessig.

2. Chemische Eigenschaften. Das Fasergewebe giebt beim Kochen einen Leim, der sich den Reaktionen nach dem Chondrin annähert (J. Müller), ohne mit ihm identisch zu sein (His). Die eingelagerten Zellen und ihr Inhalt geben die Reaktionen auf Eiweisskörper; die Flüssigkeit, welche die Hornhaut durchtränkt, ist nach Funke eiweiss- und caseïnhaltig. Durch längeres Liegen in übermangansaurem Kali werden ihr alle Bestandtheile entzogen, welche die Reaktionen des Eiweiss zeigen (Rollet). Die tunica descemetii zeigt im Wesentlichen die Reaktionen des Elastins. — Die epitheliumfreie Hornhaut des Ochsen enthält nach His in 100 Theilen 78 bis 74 Theile Wasser, 20,4 Chondrigen; 2,8 Zell- und Glashaut, 1,0 Salze.

Quantitative Analysen der menschlichen Augenkapsel (Cornea und Sclerotica) theilt Schneyder*) mit.

3. Physikalische Eigenschaften**). Für humor aqueus ist sie so durchgängig, dass derselbe unter einem Druck von 200—300 Mm. Hg tropfenweise durch sie tritt (His). — Die Hornhaut schrumpft in Lösungen von Koch- und Glaubersalz ein, und zwar so, dass

*) Chem. Untersuchungen verschiedener Augen. Freiburg im B. 1855.

**) Archiv für Ophthalmologie 1857. III. Bd. 1. 166.

mit der steigenden Dichtigkeit das Volum abnimmt. Hierbei ist es bemerkenswerth, dass ein schon sehr geringer Salzgehalt das Schrumpfen sehr merklich machen kann. In Essigsäure schrumpft dagegen die Hornhaut zuerst mit steigendem Säuregehalt und dann quillt sie wieder auf mit noch weiterer Zunahme des prozentischen Gehaltes an Säure. In Salzsäure erreicht sie dagegen mit steigendem Prozentgehalt zwei Ausdehnungsminima, zwischen denen ein Ausdehnungsmaximum gelegen ist (Donders).

Folgende Tabellen sind der Abhandlung von Donders entnommen. Die Ausdehnung wurde bestimmt durch Messung einer Dimension eines feinen Hornhautschnittes, der in die betreffende Flüssigkeit gelegt war; die Angaben über die Ausdehnung sind Verhältnisszahlen.

Dest. Wasser.	Na Cl Lösung in Proz.			Dest. Wasser.	NaO SO_3 Lösung in Proz.		
	0,003	0,030	0,300		0,0037	0,0370	0,3700
118	102	78,5	72,5	129	118,5	109	70,5

Dest. Wasser.	Essigsäure in Prozenten.				Dest. Wasser.	Cl H in Prozenten.				
	0,005	0,020	1,0	100,0		0,025	0,005	0,020	1,0	20,0
22,5	22,5	10,0	59,0	66,5	21,0	18	26,5	82,0	17	6

Die herausgeschnittene epithelienfreie Hornhaut quillt merkwürdiger Weise auch im Augenwasser auf; so nahm eine solche, als sie 90 Stunden im humor aqueus lag, um nahe das 5fache Gewicht zu (His) *) — Bei der Quellung ereignet es sich auch an diesem Gewebe, dass es bald nach der Fläche und bald nach der Dicke an Ausdehnung zunimmt.

Die lebende Hornhaut ist durchgängig für Jodkali, Aetzkalk, der in ihr theilweise als kohlensaurer Kalk niedergeschlagen wird, salpetersaures Silber, das als Chlorsilber niederfällt und dann reduzirt wird, für verdünnte Säuren, Atropin und Farbstofflösungen (Coccius, His, Gosselin) **).

Die Durchsichtigkeit der Cornea ist bedingt sowohl durch den Quellungszustand als auch durch die Natur der quellenden Flüssigkeit; denn sie wird durch Trocknen und durch ein jedes Schrumpfung erzeugende Mittel trüb; bei einer über das Normale gehenden Quellung kann sie dagegen durchsichtig bleiben (Essigsäure) oder sich trüben (Wasser). Ihre Fasern brechen das Licht doppelt,

*) L. c. p. 24.

**) Meissners Jahresbericht für 1856. p. 190.

die optische Achse derselben scheint mit der Längenachse der Fasern zusammenzufallen. So lange in der Fötalperiode der Cornea die Faserung fehlt, bricht sie einfach (His). — Ueber den Brechungscoëffizienten siehe Bd. 1. 262.

4. Ernährungserscheinungen. Die Hornhaut sehr junger Embryonen scheint aus ovalen und rundlichen Kernen zu bestehen. Durch Zerzupfen soll sie sich in runde oder spindelförmige Zellen zerlegen lassen, welche jene Kerne einschliessen. In einem etwas spätern Zeitraum des Embryonallebens finden sich die Kerne in deutlichen Zellen, diese sind abgeflacht und in Schichten gelegt, und obwohl noch klein, doch schon mit Ausläufern versehen; hieraus geht hervor, dass schon Zwischenzellstoff vorhanden. In der zweiten Hälfte des fötalen Lebens wird der letztere aber erst doppelt brechend (also faserig), die Zellen und ihre Ausläufer sind grösser geworden. Im Neugeborenen ist die Cornea immer noch relativ zellenreicher als im Erwachsenen, und die Ausläufer, von je einer Zelle meist vier, bilden ein dichtes Maschenwerk (His). — Die tunica descemetii nimmt mit den steigenden Jahren an Dicke zu (H. Müller, Donders).

Im ausgewachsenen Kaninchen kann sich ein aus der Cornea ausgeschnittenes Stück wieder vollkommen herstellen. Auf der verletzten Oberfläche erscheinen zuerst kleine Fetttröpfchen, dann kugelige Kernzellen, die sich nach wenigen Tagen schon in ein deutliches Epithelium umgewandelt haben. Von der kugeligen Zellenschicht aus sieht man dann die Entstehung neuer Hornhautschichten vor sich gehen, die genau das optische Verhältniss der älteren darbieten. Gefässbildung wurde hierbei nicht beobachtet (Donders) *).

Die Art und der Umfang der Stoffbewegung in der fertigen Hornhaut ist unbekannt. Die zu einer solchen nöthigen Zu- und Wegfuhr lässt man in Ermangelung anderer Wege durch die Lücken oder Zellfortsätze geschehen, welche zwischen den Fasernetzen der Hornhautblätter liegen. Die Flüssigkeit, die sich hier bewegt, kann ihren Ursprung nehmen aus den Thränen, dem humor aqueus und dem Blut, welches in den Randgefässen der Hornhaut strömt. Je nach dem Druck, unter dem das Augen- und Blutwasser liegt, der Verdunstung auf der freien Oberfläche der Cornea oder der nachweislich veränderlichen Zusammensetzung des humor aqueus kann der Strom bald

*) Holländische Beiträge. 1848. p. 387.

nach dieser, bald nach jener Seite ins Uebergewicht kommen. Wie es sich aber im Einzelnen gestaltet und welche Folgen sie für das normale Bestehen der Hornhaut haben, bleibt unbekannt. So viel ist nur einleuchtend bei der Wegsamkeit der Hornhaut für filtrirende und diffundirende Flüssigkeiten und bei ihrer grossen Quellungsempfindlichkeit, dass jede wesentliche Abweichung in der Zusammensetzung der einen oder andern Flüssigkeit sogleich eine Aenderung der Durchsichtigkeit und des Volums der Hornhaut erzeugen muss.

Eine eigenthümliche Rolle sollen die Zellen der Hornhaut dadurch gewinnen, dass sie mit eigenthümlichem, an die Reizbarkeit von Muskeln und Nerven erinnerndem Vermögen begabt seien, wonach sie jede Art von Störung, die ihren normalen Zustand betrifft, mit derselben Aeusserung beantworten (Virchow, His). Bevor man sich zu dieser Annahme verstehen kann, muss ermittelt sein, ob nicht darum die pathologischen Veränderungen, die nach dem Einziehen eines Fadens, dem Brennen und Aetzen eintreten, sich gleich bleiben, weil alle diese Eingriffe zu demselben nächsten Erfolg führen, nemlich zur Bildung eines fremden Körpers (Brand und Aetzschorf) mit Aufhebung des Hornhautzusammenhangs.

Augenwasser. Diese Flüssigkeit enthält Eiweiss, Harnstoff*), Extrakte, Chlornatrium und geringe Mengen der andern Blutsalze in Auflösung. Nach einer Analyse von Berzelius **) und zwölfen von Lohmeyer ***) schwanken in Kalbsaugen ihre festen Bestandtheile zwischen 1,07 und 1,50 pCt., der organische Antheil derselben bewegt sich zwischen 0,38 und 0,59 (= 28,1 bis 45,4 pCt. des Rückstandes). — Zieht man aus allen Analysen Lohmeyer's das Mittel, so erhält man: Wasser = 98,60; feste Bestandtheile = 1,31; davon organische = 0,467; unorganische = 0,846; Natronalb. = 0,122; Extrakte = 0,421; $NaCl$ = 0,689; $KaCL$ = 0,011; $KOSO_3$ = 0,022; phosphorsaure Erden = 0,021; Kalkerde = 0,026.

Die Untersuchungen von Schneyder beziehen sich, insofern sie Menschenaugen betreffen, auf Solche, welche mehr als 48 Stunden nach dem Tode ausgeschnitten wurden. Sie stimmen jedoch annähernd mit den Angaben Lohmeyer's.

Wenn das Augenwasser durch Punktion der Hornhaut entleert wird, so sammelt es sich rasch wieder an; die neu entstandene Flüssigkeit enthält häufig so viel Faserstoff, dass sie nach der Entleerung durchweg gerinnt. — Die Gefässe, aus denen sie aus-

*) Millon, Compt. rend. XXVI. 121. — Schneyder, Chem. Untersuchungen verschiedener Augen. 1855.

**) Handbuch der Chemie. IX. Bd. p. 530.

***) Henle's und Pfeufer's Zeitschr. V. Bd. — Doncan, onderzoekingen etc. Utr. 1850—54. 171.

geschieden wird, gehören wahrscheinlich der Iris und den Ciliarfortsätzen an, weil mit einer Stockung des Blutlaufs in denselben sich die Zusammensetzung der Flüssigkeit so weit ändern kann, dass in ihr Eiterkörperchen entstehen. Nach Gosselin nehmen auch die Thränen an ihrer Bildung Antheil.

Glaskörper.

In Chromsäure gehärtet, zeigt er auf äquatorialen Durchschnitten eine Streifung, welche von der Glashaut gegen den von vorn nach hinten gezogenen Durchmesser (die Glaskörperachse) zusammenläuft (Hannover). Häute, die in dieser Richtung verlaufen, können nicht aufgefunden werden (Donders). Dagegen erkennt man in ihm Fasernetze, unregelmässig gelegene, strukturlose Hautstückchen, Zellen mit und ohne Ausläufer, die bald einzeln laufen und bald zu Gruppen vereinigt sind (Bowman, Virchow, Doncan). — In den Zwischenräumen, welche diese feste Masse einschliessen, liegt eine wässerige Lösung von Eiweiss, Harnstoff (Millon, Wöhler, Marchand), Extrakten und Salzen. Nach den Beobachtungen von Berzelius, Frerichs und Lohmeyer schwankt der Wassergehalt des Glaskörpers zwischen 98,23 und 98,86 pCt.; der feste Rückstand, welcher im Mittel 1,36 pCt. beträgt, enthielt von 0,39 bis 0,48 pCt. organische Bestandtheile. Aus seinen Analysen leitet Lohmeyer die mittlere Zusammensetzung des Glaskörpers ab: Wasser = 98,64; Häute = 0,02; Natronalbuminat = 0,14; Fettspuren; Extrakte = 0,32; $NaCl$ = 0,77; $KaCl$ = 0,06; $KaSO_3$ = 0,01; 3 (MgO, CaO, Fe_2O_3) PO_5 = 0,02; CaO = 0,01.

Die Schwankungen in der Zusammensetzung lassen die endosmotischen Beziehungen zwischen der Blut- und der Glasflüssigkeit erkennen; eine Erklärung, welche durch die Erfahrung bestätigt wird, dass die mit Krapproth gefütterten Thiere eine gefärbte Glasflüssigkeit besitzen. — Wird der Glaskörper nach der Geburt zerstört, so bildet er sich nicht wieder.

Virchow giebt an, dass der Glaskörper Schleim enthalte; eine Thatsache, die von verschiedenen Seiten, u. A. von Schlossberger bestritten wird. — Nach Lohmeyer enthält derselbe nicht immer Harnstoff. Ueber den Brechungsindex siehe I. Bd. p. 262.

Linse.

1. Anatomische Eigenschaften. Die strukturlose Linsenkapsel trägt auf der Innenfläche ihrer Vorderwand eine Decke von kern-

haltigen Pflasterzellen (Henle)*), an der sich noch weiter nach Innen unmittelbar die Linsenröhren mit ihren feinen Wandungen und sehr durchsichtigem Inhalt anschliessen. An dem Rand zwischen hinterer und vorderer Fläche befinden sich nach Kölliker**) Uebergänge zwischen den Epithelialzellen und Linsenröhren. Der Kern enthält keine deutlichen Röhrenelemente mehr. Die Schichtung der Linsenfaserung führt zu Blättern, welche der Kapselwand gleich laufen.

2. Chemische Zusammensetzung. Von der Kapselhaut weiss man bis dahin nur, dass sie sich bei anhaltendem Kochen in zwei durch ihre Reaktionen verschiedene, in Wasser lösliche Stoffe umsetzt (Strahl). — Die Wand der Linsenröhre besteht aus einem im Wasser unlöslichen Stoff. Der Röhreninhalt hält einen Stoff in Auflösung, der nach Mulder's Analyse zu den eiweisshaltigen mit locker gebundenem Schwefel gehört; seiner Reaktion nach stellt ihn Berżelius zum Globulin. Vintschgau***) zeigte jedoch, dass er mit Albumin identisch sei. Fällt man denselben durch Erhitzen aus der Flüssigkeit, so soll, wie Berzelius berichtet, eine saure Extraktflüssigkeit zurückbleiben, welche in ihren Eigenschaften an die Fleischflüssigkeit (?) erinnert. Nach Lohmeyer kommt in der Linse ziemlich viel Cholestearin vor. Die Menge der in Wasser unlöslichen Linsenbestandtheile (der Röhrenwand) ist sehr geringfügig. Der Wassergehalt der Linse nimmt von aussen nach innen ab. Payen †) giebt folgende prozent. Zusammensetzung für die Linse der Ochsen:

	Aeussere Schicht.	Mittlere Schicht.	Innere Schicht.
Wasser	70,50,	54,88,	45,74.
In Wasser unlösl. Faser .	0,002,	0,033,	0,027.

Sie enthält 0,35 pCt. Asche, also nur etwa halb so viel, als im humor aqueus vorhanden ist.

Fremy und Valenciennes††) behaupten eine Verschiedenheit des im Kern enthaltenen Albumins von dem in den äussern Schichten vorkommenden. Diese Angabe widerlegt Payen. Eine viel grössere Zahl = 3,5 pCt. giebt Schneyder†††) den Röhrenwänden der Menschenlinsen; vielleicht darum, weil er die Linse vor Beginn der Analyse trocknet.

*) Henle's und Pfeufer's Zeitschrift. N. F. V. Bd.
**) Handbuch der Gewebelehre. II. Bd. 731.
***) Wiener akad. Sitzungsberichte. XXIV. 493.
†) Gazette médicale. 1857.
††) Compt. rend. 44. Bd. Juni.
†††) L. c. p. 35.

3. Physikalische Eigenthümlichkeiten. Die Kapselhaut ist sehr elastisch, aber nicht sehr fest, sie ist für Wasser und Na Cl leicht durchgängig. — Das spez. Gewicht der Faserung beträgt an dem Linsenumfang = 1,076 und im Linsenkern = 1,194 (Chevenix). Zu den brechenden und polarisirenden Eigenschaften der Linse, die schon früher erwähnt sind, fügt Valentin*), dass jedes aus mehreren Lagen zusammengesetzte Linsenstück sich wie ein negativ einachsiger Krystall verhalte; die doppeltbrechenden Eigenschaften treten in frischen Linsen weniger hervor als in getrübten oder getrockneten. — Die Füllung der Linsenröhren mit einer conzentrirten Eiweisslösung kommt unzweifelhaft der Durchsichtigkeit zu Gute. Diese Flüssigkeit wirkt hier ganz nach demselben Prinzip, nach welchem Brücke mit einer ähnlichen die Darmhaut zu mikroskopischen Untersuchungen durchsichtig machte. Die Gegenwart des Eiweissstoffes hebt nemlich den Unterschied der Brechungscoëffizienten zwischen Wasser und den Häuten der Linsenröhren auf.

4. Die Linsenernährung. — Bei der Vergrösserung der Linse während des Wachsthums nimmt die Zahl, nicht aber der Umfang der Röhren zu (Harting). Die Linsenröhren bilden sich nur unter Beihülfe der Kapsel, wie von Valentin**) durch Versuche am Kaninchen, von Sömmering und Textor durch Beobachtungen am Menschen erwiesen ist. Die Formfolge, welche bei ihrer Entstehung vorkommt, beschreibt H. Meyer***) in der Art, dass zunächst Epithelialzellen auftreten, welche allmählig zu Röhren auswachsen und sich dabei über die vordere und hintere Linsenfläche gleichzeitig hinüberschlagen. Die jüngsten Schichten der Linse sind demnach auf der vorderen mit Epithelien bedeckten Wand zu suchen, während die ältesten den Kern einschliessen. Die Kapselwand ist also die Form, in welche die Linse gegossen. — Daraus folgt, wie Valentin bestätigt, dass die Schichtung der Linse, welche sich in einer entleerten Kapsel neu bildete, Unregelmässigkeiten zeigen muss, da die Vorderwand der letztern durch den Einschnitt theilweise zerstört und jedenfalls verbogen ist. Die chemischen Umsetzungen, welche diese Entstehung begleiten, sind unbekannt; der zur Bildung führende Stoff wird bei dem ersten Auftreten aus einem Blutgefässnetz geliefert, welches in der Fötal-

---

*) Graefe's Archiv für Ophthalmologie. III. 2. p. 227.

**) Henle's und Pfeufer's Zeitschrift. II. Bd.

***) Müller's Archiv. 1852.

periode bis zu der Kapsel reicht. Bei der Regeneration der ausgeschnittenen Linse muss er durch die wässerige Feuchtigkeit hindurchwandern. — Verwundungen der Kapsel heilen beim Thiere leicht, schwerer beim Menschen (Dieterich), aber sehr vollkommen (Donders) *). Die ausgebildete Linse soll während der Lebensdauer in Umsetzungen begriffen sein. Für diese Behauptung fehlt allerdings das beweisende Maass, aber sie ist sehr wahrscheinlich. Denn einmal ist die Natur der flüssigen Linsensubstanz zur Umsetzung geneigt, und die von Berzelius, wenn auch noch so unvollkommen beobachteten Extrakte deuten auf das Bestehen einer solchen Umsetzung hin. Dabei braucht man aber nicht nothwendig an ein stetiges Auflösen und Neubilden von Linsenröhren zu denken, obwohl dieser Vorgang vorkommen könnte. Man fühlt sich sogar veranlasst, an ihn zu denken, weil nur die Vorderfläche der Linsenzellen und der Linsenränder Mittelstufen zwischen diesen und ausgebildeten Röhren tragen. Analog der Epithelienlagen kommen also die jüngern Formen an der Seite vor, wo die Linse mit einer Gefässschicht, in unserm Fall mit den hintern Irisgefässen und den Ciliarfortsätzen, in Berührung ist. — Die eigenthümliche Lagerung der Linse scheint auch eine Regeneration der Eiweissstoffe zu verlangen; denn es sind diese in dem Wasser der vordern Augenkammer und in der Glasfeuchtigkeit löslich (Auflösung der Linse bei der Zerstückelung), die Kapselhaut erlaubt ihren Durchgang, also müssen sie in diese Flüssigkeiten diffundiren, und weil sie hier nicht vorkommen, so müssen sie auch wieder von da entfernt werden, so dass die Diffusion zwischen Linseninhalt und umgebenden Flüssigkeiten unverändert fortdauert. Vergiftet man nach Kunde einen im Trocknen aufbewahrten Frosch mit Kochsalz, so trübt sich die Linse, wobei das Eiweiss in den Röhren niedergeschlagen wird und die lösende Flüssigkeit als durchsichtige Tropfen inden Röhren zurückbleibt. Diese Trübung schwindet, wenn sich der Frosch wieder erholt. Dieselbe Erscheinung lässt sich erzeugen, wenn man einen Frosch unter 0° aufbewahrt, wobei er gefriert; lebt das Thier in höherer Temperatur wieder auf, so kehrt die Durchsichtigkeit wieder. — An der ausgeschnittenen Linse der Säugethiere lassen sich durch Kochsalz und Gefrieren die gleichen Resultate erzielen (Kunde) **).

---

*) Onderzoekingen in het physiologisch Laboratorium. Jaar VII. (1855—56.) p. 173.

**) Würzburger Verhandlungen. VII. Bd. 1856. — Archiv für Ophthalmologie. III. Bd. 2. 275.

Knorpel.

1. Die anatomische Beschreibung*) theilt dem Knorpel Zellen und eine Grundmasse zu; durch die Besonderheit dieser letztern unterscheidet sich der durchscheinende (hyaline) und der Netz- oder Faserknorpel. Die Grundmasse des hyalinen Knorpels ist durchscheinend gleichartig, elastisch härtlich; in sie sind Höhlen eingegraben, welche in frischem Zustande vollkommen erfüllt werden von einer zartwandigen Zelle, die einen Kern und eine bald klare, bald mit Körnchen oder Fetttröpfchen getrübte Flüssigkeit einschliesst. Ausser diesem Befund lässt zuweilen der frische oder der mit Schwefelsäure behandelte Knorpel in der Grundmasse noch einen Umriss sehen, der in geringer Entfernung von der Knorpelhöhle läuft. Daraus schliesst man, dass die Knorpelhöhlen, welche die Zelle einschliesst, selbst wieder eine von der Grundmasse gesonderte, aus dem chemischen Stoff dieser letztern gebildete dicke Hülle, die Knorpelkapsel, besitzt. In häufigen Fällen ist aber die Grundmasse des hyalinen Knorpels nicht gleichartig, sondern von Krümeln (Kalkerde) durchsetzt, welche bis in die Knorpelkapsel reichen, oder es sind unregelmässige Höhlen in ihr vorhanden, welche mit Fettzellen und Blutgefässen (Knorpelmark) erfüllt sind. — Im Faserknorpel finden sich die Knorpelzellen und Knorpelkapseln eingebettet in eine faserige Grundlage. Ihre Fasern können bald steif und geradlinig begrenzt, bald aus den fein gewellten Bindegewebsfibrillen, bald endlich aus den netzförmigen, elastischen Fasern gebildet sein. An den Orten, an welchen die Grundsubstanz durch elastisches Gewebe gebildet wird, sollen von der Wand der umschliessenden Zellen feine Fasern auslaufen.

2. Chemische Zusammensetzung**). — Die durchscheinende, körnige oder glattfaserige Zwischenmasse ist vorzugsweise Chon-

---

*) Henle, Allgemeine Anatomie. Leipzig 1842. — Mulder, Physiologische Chemie. p. 597. — H. Meyer, Der Knorpel und seine Verknöcherung. — Müller's Archiv. 1849. — Donders, Mikroskopische und mikrochemische Untersuchungen thier. Gewebe. Holländische Beiträge. 260. — Derselbe, Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie. III. Bd. 348. — Virchow, Verhandlungen der physikal. mediz. Gesellschaft in Würzburg. II. Bd. p. 152. — Remak, Ueber extracellulare Entstehung thierischer Zellen. — Müller's Archiv. 1852, 53 u. 55; Entstehung des Bindegewebes und Knorpels. ibid. 58. — Rheiner, Beiträge zur Histologie des Kehlkopfs. Würzburg 1852. — Bergmann, Disquisitiones microscop. de cartilaginibus. Dorp. 1850. — Bruch, Beiträge zur Entwickelungsgeschichte des Knochensystems. Basel 1851. p. 29 u. f. — Brandt, Disquisitiones de ossificationis processu. Dorpat 1852. — Kölliker, Handbuch der Gewebelehre. 3. Aufl. 1859. 63. — Aeby, Göttinger Nachrichten. 1857. — Fürstenberg, Müller's Archiv. 1857. — Freund, Beiträge zur Histologie der Rippenknorpel. Breslau 1858.

**) Simon, medizinische Chemie. II. Bd. 510. — Mulder, physiolog. Chemie. 597. — v. Bibra, Chem. Untersuchungen über Knochen und Zähne des Menschen. Schweinfurt 1844. —

drigen. Denn es wird beim Kochen nur die Grundsubstanz aufgelöst, während die Zellen ungelösst zurückbleiben (Mulder, Donders). Die Wand der Knorpelzellen soll annähernd die Reaktionen des elastischen Gewebes und der Eiweisskörper darbieten; der Inhalt der Knorpelzellen führt Fett. — Der hyaline Knorpel hinterlässt beim Verbrennen eine Asche, die aus Cl, SO_3, PO_5, CO_2, MgO, CaO, NaO besteht, sie enthält also kein KO. — Von diesen Mineralbestandtheilen bildet sich die SO_3 zum Theil aus dem Schwefel der Chondrigens; die ganze Menge dieser Säure soll jedoch zu gross sein, als dass sie aus dem Schwefel des genannten Körpers abgeleitet werden könnte (Schlossberger). Die PO_5, welche mit CaO verbunden ist, scheint in dem Chondrigen enthalten zu sein; denn jede Chondrinlösung führt phosphorsaure Kalkerde. Die prozentische Zusammensetzung des Knorpels ist sehr variabel, wie es schon die mikroskopischen Ansichten desselben erwarten lassen. Bibra fand in 100 Theilen menschlichen Knorpels festen Rückstand 30 bis 46, und in diesem Asche 2 bis 7 Theile. — Der Knorpel mit einer Grundmasse aus Bindegewebe liefert beim Kochen Colla; ob auch Chondrin, ist zweifelhaft. Man erhält dieses letztere dagegen aus elastischem Knorpel; da sich hierbei die Knorpelzellen erhalten und nur insofern sich verändern, als ihre Wand sich verdünnt (Mulder, Donders, Hoppe), so muss Chondrigen in den Verdickungsschichten enthalten sein. Das Zwischengewebe der zuletzt erwähnten Knorpelart ist elastischer Stoff.

Zu den über Chondrin mitgetheilten Thatsachen (Bd. V. p. 56) ist nach neuern Beobachtungen noch hinzuzufügen, dass Rochleder und Mayr *) das Chondrin aus Albumin dargestellt haben, welches in einer sauerstofffreien Atmosphäre mit Salzsäure oder Baryt warm behandelt wurde.

3. Wachsthum und Ernährung. In der Fötalperiode werden die einfachen Bildungszellen an den Orten, die späterhin Knorpel enthalten, allmählig grösser und nehmen statt der kugeligen eine Eiform an, dabei verdickt sich die Wand und es mehrt sich die Zwischenmasse. Zugleich nimmt die Zahl der Zellen in der Weise zu, dass sie nach vorgängiger Spaltung des Kerns sich theilen, worauf dann ein Fortsatz der Zwischenmasse zwischen die beiden ursprünglich zusammengehörigen Gebilde sich einschiebt (Virchow,

---

Hoppe, Virchow's Archiv. V. Bd. — Derselbe, Journal für prakt. Chemie. 56. Bd. 129. — Zellinsky in Henle's Jahresbericht für 1853. p. 57. — Scherer, Liebig's Annalen. 40. Bd. p. 49. — Schlossberger, allgemeine Thierchemie. I. Bd.

*) Wiener Akad. Sitzungsberichte. XXIV. 39.

Aeby). Die Veränderungen im wachsenden Knorpel der Geborenen sind nicht an allen Oertlichkeiten übereinstimmend. — Vergleicht man die Rippenknorpel eines Neugeborenen und Erwachsenen, so zeigt sich, dass die Gesammtsumme der Höhlen im erwachsenen Knorpel abgenommen, die Höhlungen selbst grösser geworden und durch eine stärkere Einlagerung von Grundgewebe auseinander gedrängt sind (Harting)*). Fügt man zu diesen Erfahrungen die allerdings noch zu beweisende Voraussetzung, dass die einmal gebildete Knorpelzelle während der ganzen Lebensdauer Bestand hat, so würde gefolgert werden müssen, dass Zellenraum und Grundgewebe gleichzeitig an Ausdehnung zunehmen; zugleich aber darf die Einlagerung auf der einen und die Auflösung auf der andern Seite nicht gleichen Schritt halten; namentlich muss die Auflösung öfter so weit sich erstrecken, dass zwei Knorpelhöhlen miteinander verschmelzen, weil sonst die Zahl derselben im Erwachsenen nicht geringer als in der Jugend sein könnte. Neben den geschilderten Wachsthumserscheinungen treten in den hyalinen Knorpeln noch andere sichtbare Veränderungen auf. Insbesondere wird die Grundsubstanz körnig, faserig, zuweilen auch so erweicht, dass sich kleinere unregelmässige Höhlen bilden, die sich mit Fetttröpfchen, Blutgefässen, Bindegewebe füllen (H. Meyer, Donders). — In den Faserknorpeln dagegen, namentlich in der lig. intervertebralia und den Synchondrosen sind ausnahmslos die Zellenhöhlen des spätern Lebens kleiner als die des frühern; da die ältere Wand aus conzentrischen Schichten besteht, so scheint es fast, als sei die Zellenhöhle durch periodisch auf die innere Wandfläche erfolgende Absätze verengert worden (Donders).

Der Knorpel gehört zu den Formbestandtheilen, welche sich auch im Erwachsenen neu bilden können. Um so auffallender ist es, dass Knorpelwunden durch Bindegewebe heilen (Redfern)**).

Da der Knorpel nur äusserst selten mit Gefässen durchzogen ist, so müssen die Flüssigkeiten durch Diffusion fortschreiten, welche die Atome ein- und ausführen zum Vortheil des Stoffumsatzes, der nach den anatomischen Beobachtungen unzweifelhaft vorhanden ist.

Das Wenige, was wir über physikalische Eigenschaften kennen, ist schon früher erwähnt (Bd. I. p. 492).

---

*) Recherches micrometr. p. 76.

**) Henle's Jahresbericht für 1851. p. 52.

Knochen.

1. Anatomische Beschaffenheit *). Die Knochenmasse setzt sich aus dünnen mit einander verwachsenen Platten zusammen, welche in conzentrischen Lagen um die mikroskopischen Röhren geschichtet sind, die als Leitungsröhren der Blutgefässcapillaren den Knochen netzförmig durchziehen. Die Substanz der Knochenplättchen (also die knöchernen Wandungen der Gefässröhren), welche öfter optisch homogen, zuweilen aber auch gekörnt erscheint, ist abermals von einem besondern Höhlensystem, den Knochen- oder Strahlenkörperchen und ihren Ausläufern, durchbrochen. Ein jedes dieser Strahlenkörperchen ist nemlich nichts anderes, als eine eiförmige Lücke in der Knochensubstanz, von welcher eine grössere oder geringere Zahl hohler Ausläufer ausstrahlt; die Ausläufer benachbarter Knochenkörperchen anastomisiren mit einander, und diejenigen, welche unmittelbar an die Gefässröhren und an die Knochenoberfläche grenzen, münden frei in die ersteren und unter das Periost, so dass durch jeden Knochen ausser dem Netz der Gefässröhren noch ein zweites ausserordentlich viel feineres, aber dafür dichteres und verbreiteteres, herläuft. Da die Knochenkörperchen in den Knochenschichten in ziemlich regelmässigen Abständen gelagert sind, so bilden die Verbindungslinien derjenigen von ihnen, welche in einer Horizontalebene liegen und zu einem der conzentrisch gelagerten Knochenplättchen gehören, eine ähnliche Form wie die Contur der Knochenplättchen selbst, d. h. die Zellenhöhlen liegen abermals in mehreren Lagen conzentrisch um die Gefässröhren. Zu den beiden eben beschriebenen Lückensystemen kommt endlich noch ein drittes sehr unregelmässig gestaltetes, welches vorzugsweise das Innere des Knochens durchzieht, wo es als Markhöhle, diploëtisches oder spongiöses Gewebe bekannt ist. — Jede der drei Höhlenarten schliesst nun auch besondere Weichgebilde ein. Die strahlenförmigen Höhlen sind bis in ihre letzten Zweige nach Virchow **) ausgekleidet mit einem ihren Wandungen eng anliegenden Häutchen; fasst man also die Haut der eiförmigen Höhle als einen Zellenkörper und die der Ausläufer als Zellenstrahlen auf, so kann man sich auch dahin ausdrücken, dass der Knochen von einem Netz strahlig verästelter,

*) H. Meyer, der Knorpel und seine Verknochung. Müller's Archiv. 1849. — Kölliker, mikroskopische Anatomie. II. Bd. 1. Abthl.

**) Würzburger Verhandlungen. II. Bd. 150. — Hoppe, Virchow's Archiv. V. Bd. 174. — Virchow, ibid. p. 446.

anastomisirender Zellen durchzogen sei. Jedes Körperchen schliesst ausserdem noch ein anderes kleines Zellengebilde, einen sog. Kern, und Flüssigkeiten in sich. Die Gefässkanäle umschliessen die Blutgefässe, Bindegewebe, Nerven, und in den Marklücken ist ein Gemenge von Bindegewebe, Fetttropfen, Fett- und Markzellen, Blutgefässen und wässerigen Feuchtigkeiten enthalten. Die Knochenoberfläche ist schliesslich von einer Bindegewebshaut, dem Periost, überzogen, in welcher die Gefässe und Nerven laufen, bevor sie in die Gefässkanälchen des Knochens eindringen.

2. Chemische Zusammensetzung*). Der Analytiker bereitet sich das Knochengewebe so vor, dass er einen Knochen pulvert, das Flockige durch Schlemmen wegschafft, den schweren Bodensatz mit Wasser und Alkohol und Aether vollkommen erschöpft. Dieser Rest ist meist frei von Bindegewebe, Zell- und Gefässhäuten, und das Wasser hat offenbar manche dem Knochengewebe angehörige Bestandtheile entfernt. — Dieses sog. Knochengewebe enthält an organischen Bestandtheilen solche, die leicht in Säure löslich sind (Fremy) und andere darin schwer lösliche; diese letztere nennt man Knochenknorpel, sie geben bei der Verbrennungsanalyse die prozentische Zusammensetzung der Colla, nemlich C 50,1; H 7,1; N 18,4; O und S 24,3 (v. Bibra). — Die Knochenerde, welche durch Einäscherung eines Knochen dargestellt wird, besteht aus Fluorcalcium, $CaO\,CO_2$, $3\,CaO\,PO_5$, $3\,MgO\,PO_5$ (Heintz). — In dem Waschwasser des Knochens oder in der Asche nicht vollkommen ausgewaschener Knochen ist noch enthalten $Na\,Cl$, $NaO\,CO_2$, HN_3, $Fe_2\,O_3$. — Nach den Analysen von Heintz, den genauesten, welche wir besitzen, bestehen 100 Theile Knochenerde aus $CaO\,CO_2 = 9{,}1$; $3\,CaO\,PO_5 = 85{,}7$; $3\,MgO\,PO_5 = 1{,}7$; $CaFl = 3{,}0$. Alle übrigen Analysen, welche Ausstellungen man auch sonst an ihnen machen kann, bestätigen doch, dass immer die phosphorsaure Kalkerde weit überwiegt, und dass das Verhältniss zwischen den einzelnen Erdsalzen durchaus kein gleichbleibendes ist. Nur wenn man sich mit einem Ungefähr befriedigt, kann die Annahme von Fremy bestehen, dass auf 1 Aeq. Kohlensäure 3 Aeq. Phosphorsäure kommen. — Der Knorpel und die Erden sind innig nebeneinander-

*) Berzelius, Lehrbuch der Chemie. IX. Bd. 1840. — Marchand, physiolog. Chemie. Berlin 1842. 81. — v. Bibra, chem. Untersuchungen etc. Schweinfurt 1844. — Heintz, über die Zusammensetzung der Knochenerde. Berliner Monatsberichte. 1849. 1. Heft. — Regnauld und Gosselin, Archiv. général. de méd. 1849. Juliheft. — Mulder, physiolog. Chemie. p. 610. — Fremy, Annales de chimie et physique 1855. Bd. 43. p. 47. — v. Recklinghausen, Archiv für patholog. Chemie. XIII. Bd.

gelegt, aber nicht nach Aequivalenten verbunden. Man kann bekanntlich aus dem Knochen die Erde durch Säuren und den Knorpel durch Kalien ausziehen, ohne dass die anatomische Elementarstruktur verloren geht.

Das Verhältniss, in dem die organischen (Knochenknorpel, Bindegewebs- und Gefässreste) und unorganischen Stoffe im Knochen enthalten sind, ist nicht constant. — a) Ordnet man die substantia dura der trockenen Knochen der Erwachsenen nach ihrem Gehalt an Erde, so erhält man folgende Reihe: os temporum, humerus, femur, ulna, radius, tibia, fibula, os ilium, clavicula, vertebrae, costae, sternum, os metatarsi, scapula. Das os tempor. enthielt 63,5, die scapula 54,5 pCt. Knochenerde (Rees)*). — Bibra fand beim Weib eine etwas andere Reihenfolge: humerus, femur, tibia, fibula, ulna, radius, metacarpus, os occipitis, clavicula, scapula, costa, os ilium, vertebrae, sternum; in dem ersten Glied 69 und in dem letzten 51 pCt. Knochenerde. Diese Unterschiede sind, wie wohl zu merken, nur giltig für die Knochen des Geborenen, nicht aber für die des Foetus (v. Bibra). — b) Die spongiöse Knochensubstanz enthält einige Prozente feuerflüchtiger Bestandtheile mehr als die compakte (Rees, Fremy). Theilt man willkürlich einen Röhrenknochen seiner Dicke nach (vom Periost zur Markhaut) in mehrere Schichten, so hinterlässt die äussere zuweilen um 1 bis 2 Prozent weniger Asche, als die innere, zuweilen ist der Knochen auch durchweg gleich zusammengesetzt (Fremy). Der Unterschied zwischen schwammigen und festen Knochen verschwindet um so mehr, je sorgsamer die anhängenden Gefässe und Bindegewebstheile entfernt werden (Recklinghausen). — c) An einer und derselben Knochenstelle soll der Gehalt an Kalkerde mit dem Alter zunehmen; so betrug er z. B. in dem Femur männlicher Individuen beim Foetus = 59 pCt., beim dreivierteljährigen Kinde = 56,4, beim fünfjähr. 67 pCt. und endlich beim 25jähr. Indiv. 68 pCt. — Das Steigen des Kalkgehaltes geht nun aber keinesweges in allen Knochen gleich rasch vor sich. So nähert sich u. A. die Knochensubstanz in den obern Gliedmaassen früher ihrem höchsten Werth als in den untern (v. Bibra). Im Gegensatz hierzu führten die Beobachtungen von Fremy und Recklinghausen überhaupt zu keinem Altersunterschied. Die Knochenpunkte am Femur

*) Berzelius vermuthet, dass die von Rees untersuchten Knochen nicht vollkommen getrocknet gewesen seien.

des Foetus und den gleichnamigen Knochen des Erwachsenen und Greises fand Fremy annähernd gleich reich an Erden. — d) Ein bemerkenswerther Unterschied zwischen dem prozentischen Erdgehalt in den gleichnamigen Knochen des Mannes und des Weibes hat sich nicht herausgestellt.

Das Knochenmark unterscheidet man seinem Ansehen nach in ein fettes und ein gelatinöses. Das erstere besteht vorzugsweise aus einem sehr oleinhaltigen Fett und daneben aus einer eiweiss- und salzhaltigen Flüssigkeit, den Hüllensubstanzen der Mark- und Fettzellen, aus Gefässen und Bindegewebe. Das gelatinöse enthält dagegen überwiegend die salz- und eiweisshaltige Lösung und sehr geringe Mengen von Fett; die beiden Markarten scheinen also Gemenge derselben Stoffe in verschiedenen Verhältnissen zu sein. — Das Periost enthält die Bestandtheile des Bindegewebes und der elastischen Faser. Die Flüssigkeit, welche neben den Gefässen die Gefässröhren und die Zellenräume füllt, ist unbekannt. Einige Angaben, die über den Gehalt des Gesammtknochens an Wasser vorliegen, sind ohne Bedeutung, da dieser mit zahlreichen, zufälligen Umständen, z. B. dem Markgehalt, der Menge der Zellen und Gefässröhren u. s. w., wechseln muss.

3. Das Wenige, was von den physikalischen Eigenschaften des Knochens bekannt ist, wurde schon Bd. I. p. 491 mitgetheilt.

4. Ernährung*). Wo sich wahres Knochengewebe bilden will, da entsteht jedesmal zuerst in der Nähe oder im Umfang eines Blutgefässes eine homogene oder faserige, wahrscheinlich collagene Grundlage, in welche sich sternförmig verästelte Zellen einbetten, darauf schlägt sich in der Grundlage Knochenerde, und zwar so nieder, dass sie ein homogenes, in feinen Schnitten durchscheinendes Ansehen annimmt. Die Zellenhöhle und ihre Wände bleiben dagegen nicht allein von der Inkrustation verschont, sondern es wachsen sich sogar die Fortsätze der benachbarten Zellen so weit entgegen, bis sie mit einander in Verbindung treten (Sharpey, Virchow, H. Müller, A. Baur).

Die besondern Gestalten, die das Knochengewebe in den Skelettheilen — den sog. Knochen der Osteographen — annimmt, wird dennoch abhängig sein von den Formen, in welchen die weiche Grundlage des Knochens auftritt. Diese letztere wird aber hingelegt

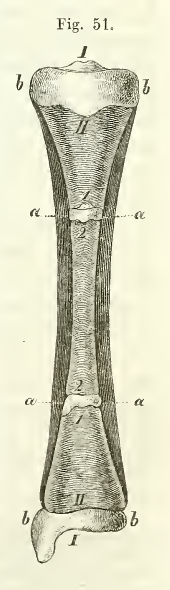
*) Kölliker, Handbuch der Gewebelehre. 3. Auflage. p. 83. — Baur, die Bindesubstanz Tübingen 1858. — H. Müller, Zeitschr. für wiss. Zoologie. IX. Bd. — Bruch, Beiträge zur Entwickelungsgeschichte des Knochensystems. Denkschriften der schweizer. naturf. Gesellschaft. II. Bd.

unter dem Einfluss von bestimmt begrenzten und gebauten Gebilden, nemlich dem fötalen Knorpelskelet mit seinem Perichondrium und der faserhäutigen Vorstufe der meisten Gesichtsknochen und der Schädeldecke. Wo die Knochenbildung unter dem Einfluss des knorpeligen Skelets vor sich geht, da entwickelt sich zugleich die verknöchernde Grundlage im Innern des Knorpels und an seiner Oberfläche, zwischen ihm und dem Perichondrium. Hiebei hat man Folgendes beobachtet: Wenn die Bildung des Knochens im Innern eines Knorpels stattfinden soll, so vergrössern sich zuerst an einer beschränkten Stelle die Knorpelhöhlen und ordnen sich in Reihen oder Strahlen an, je nachdem der Knorpel eine röhrige oder geballte Form besitzt; es mehren sich ferner die in den Höhlen enthaltenen Zellen und darauf lagert sich eine erdige Masse in das Knorpelgrundgewebe ab (Knorpelverkalkung). Zu derselben Zeit oder etwas früher haben sich auch im Knorpel Kanäle gebildet, welche von der Knorpeloberfläche, resp. dem Perichondrium zu den verkalkten Stellen hinziehen. Diese Kanäle enthalten Zellen, die denen des Knorpels ähneln, in einer mehr oder weniger streifigen Grundlage, dann weiche markähnliche Zellen mit bindegewebsartiger Zwischenmasse, und endlich Blutgefässe, welche mit denen des Perichondrium in Verbindung stehen. Die Knorpelcanäle leiten die Auflösung des Knorpels und die Entstehung des Knochens ein. Sie dringen nemlich in den Knorpel bis an und durch die Verkalkungsstelle, verflüssigen die feste Grundmasse, welche die Knorpelhöhlen scheidet, und bewerkstelligen es somit, dass diese letztern Höhlen zu einem mannichfach ausgebuchteten Systeme von Lücken zusammenfliessen. Ein Theil dieser Lücken wird mit Bindegewebe, Fett, Markzellen und Gefässen ausgefüllt und stellt dann die spätern Markräume dar, in einem andern werden dagegen strahlige Zellen und die gleichartige Grundlage, welche sich zu wirklichen Knochen umwandeln, eingelegt. Der Knorpel wandelt sich also nicht in Knochen um, sondern er wird zerstört und seinen Ort nimmt die Knochenmasse ein (A. Baur, H. Müller). Das neugebildete Knochengewebe bleibt nun aber auch nicht immer bestehen, sondern es löst sich oft von Neuem auf, und dann erst findet sich statt seiner der bleibende Knochen ein. — Dieser eben geschilderte Vorgang geht nun im Knorpel nicht überall gleichzeitig vor sich, sondern er beginnt, wie schon erwähnt, an einem oder mehreren Punkten; um diese sind alle Uebergangsstufen vom vollendeten Knochen bis zum hyalinen Knorpel zu finden. — Ein-

facher als im Innern ist die Entstehung des Knochens zwischen der Oberfläche des Knorpels und dem Perichondrium; denn hier lagert sich gleich in conzentrischen Schichten um die Gefässe eine weiche gleichartige oder gestreifte Schicht ab, welche verästelte Zellen umschliesst und darauf inkrustirt. — Mit dem Vorgang im Perichondrium stimmt auch der überein, welcher in der häutigen Grundlage der Schädel- und Gesichtsknochen beobachtet wird.

Das Fortwachsen der Skeletstücke nach der Geburt geschieht von zwei Orten aus, nemlich von den knorpeligen Rändern (insofern diese nicht an Synovialflächen stossen) und von dem Periost aus. Die erste Art des Wachsthums ereignet sich also an den Röhrenknochen in den Epiphysen, an den Schädelknochen zwischen den Nähten. Diese Art der Vergrösserung bedingt immer die Anbildung neuer Knochenschichten, die den Knorpelflächen gleichläufig liegen, mit einem Worte das Längenwachsthum, während die vom Periost aus eingeleitete Verknöcherung die Verdickung bedingt. Um den Vorgang zu verdeutlichen, hat zuerst H. Meyer das Schema eines sich vergrössernden Röhrenknochens (in Fig. 51) entworfen. Wenn 1 2 2 1 einen Röhrenknochen der Neugeborenen und darin 2 2 das Mittelstück, 1 2 und 2 1 die Endstücke, I II II I dagegen den gleichnamigen Knochen des Erwachsenen darstellt, so ist 2 II durch Wachsthum und Verknöcherung des Knorpels, *aa bb* durch Auflagerung aus dem Periost entstanden. Die Neubildung im Knorpel sowohl wie die von der Knochenhaut aus geschieht ganz nach denselben Regeln, die auch für das fötale Leben giltig waren, also in den Nähten und Epiphysen dadurch, dass fort und fort Knorpelzellen und Zwischenmasse entstehen, dass diese letztere verkalkt, dass dann von den blutgefässführenden Kanälen des Knochens der verkalkte Knorpel wieder angefressen wird, dass sich in die Knorpelhöhlen sternförmige Zellen und eine strukturlose Grundlage hinlegen, welche letztere endlich von Knochenerde durchsetzt wird. Auf der Grenze zwischen Knochen und Periost erscheinen dagegen, ohne dass Knorpel vorausgeht, die sternförmigen Zellen und die verknöchernde Zwischenmasse.

Fig. 51.



Ueber die Bedingungen*), welche dem Knochenwachsthum ein Ende setzen und zugleich die Stoffbewegung in den Räumen des fertigen Knochens regeln, ist Folgendes bekannt: 1) Die Knochen hören meist auf nach der Länge zu wachsen, wenn ihre knorpeligen Verbindungsstücke verknöchert sind, also: die Röhren nach vollkommener Verknöcherung der Epiphysen, die Schädeldecken nach Verwachsung der Nähte (H. Weber). Ob diese Regel eine ausnahmslose ist, steht dahin, und ebenso darf sie keinenfalls dahin verstanden werden, dass das Wachsthum nicht eher aufhören kann, bevor nicht jene Verknöcherungen zu Stande kamen, da die Röhrenknochen der Zwerge z. B. trotz bestehenden Empiphysen ihr Wachsthum einstellen (Virchow). — 2) Schneidet man bei jungen Thieren die Kaumuskeln aus oder entleert man die Augenflüssigkeit, so verdicken sich die Knochen, welche die Höhlen begrenzen, nach diesen letztern hin, nicht aber gegen die Schädelhöhle. Dieselbe Operation führt bei erwachsenen Thieren zu keiner Knochenwucherung (L. Fick). — 3) Nach einer einseitigen Zerstörung der Kieferschliesser wird der Kieferast derselben Seite kürzer und sein Gelenkkopf dicker (L. Fick). — 4) Wenn die Muskeln einer Extremität vor der Pubertät gelähmt werden, so bleibt der Knochen derselben kürzer und dünner. — 5) Wenn sich die Muskeln vor oder nach der Pubertät kräftig entwickeln, so nimmt der Knochen und namentlich an den Muskelansätzen an Masse zu. — 6) In dem Maasse, in welchem die vom Schädel umschlossenen Weichtheile (Hirnfaser, Ganglienkörper, Blutgefässe, Hirnwasser) wachsen, dehnen sich auch die Schädelknochen mehr oder weniger aus. Hierbei geschieht jedoch das Wachsthum nicht in allen Nähten gleichmässig, sondern bald in der einen und bald in der andern mehr, so dass der Schädel verschiedener Individuen trotz gleichen Hirnvolums doch ganz verschiedene Formen darbietet, weil nemlich das geringere Wachsthum in einer Naht durch ein grösseres in einer andern ausgeglichen wird (H. Meyer, Virchow). — 7) Nimmt das Markfett zu, wie dieses bei künstlicher Mästung der Thiere vorkommt, so vergrössern sich unter Abnahme der Knochen-

*) Virchow, Entwickelung des Schädelgundes. Berlin 1857. — L. Fick, Ueber die Ursache der Knochenformen. Göttingen 1857. — Derselbe, Neue Beiträge. Marburg 1858. — H. Meyer, Henle's Zeitschrift. N. F. III. Bd. 165. — Schiff, Neurolog. Untersuchungen. Frankfurt 1855. I. p. 122. — Freund, Histologie der Rippenknorpel. Breslau 1858. — Heine, Graefe's und Walther's Journal. 1836. — Boussingault, Annales de chimie et physique. 3. Ser. XIV. Bd. 419. — Ollier, Compt. rend. Décembre 1858. — Die ältere Literatur über Knochenernährung siehe bei Schlossberger Op. citat. Knochen u. Knorpel.

masse die centralen Markhöhlen (Boussingault). — 8) Jeder Druck, der anhaltend auf eine bestimmte Stelle der Knochenoberfläche wirkt, bringt hier den Knochen zum Schwinden. Dieses ereignet sich z. B. wenn Weichtheile gegen die innere Schädelfläche wachsen, wo Arterien den Knochen aufliegen, wenn man Metallplatten zwischen den Knochen und das Periost legt u.s.w. — 9) Einer Lähmung der Gefässnerven folgt an den Stellen, welche von jenen Gefässen versorgt werden, eine Knochenwucherung (Schiff). — 10) Reizungen des Periosts, die eine Erweiterung seiner Blutkapillaren zur Folge haben, bedingen Knochenwucherung. — 11) Umgekehrt führt eine Zerstörung des Periosts zu einem Absterben des zugehörigen Knochens. — 12) Nach einer Zerstörung oder Entfernung des Knochens mit Erhaltung des Periosts bildet sich der Knochen von Neuem (Knochenbrüche, Ausschälung der Rippen aus dem Periost). (Heine.) — 13) Ueberpflanzt man das Periost eines jungen Thieres aus seiner normalen Lage in eine beliebige andere, gleichgiltig ob dabei die Gefässe desselben in Verbindung mit den alten bleiben oder mit neuen sich zusammenfinden, so wird immer an einer seiner Flächen eine Knochenneubildung eingeleitet. Bei schon erwachsenen Thieren gelingt der Versuch ebenfalls, doch ist die neugebildete Knochenmasse weniger reichlich (Ollier). — 14) Bei Mangel an Kalksalzen in der Nahrung erweichen die schon gebildeten Knochen, und umgekehrt beschleunigt ein reichlicher Kalkzusatz zur Nahrung nach einem Knochenbruch die Knochenneubildung (Milne Edwards).

Aus diesen Thatsachen scheint sich ableiten zu lassen, dass die Ausdehnung, welche der Knochen einnimmt, die Resultirende ist einerseits aus einer Summe von Bedingungen, die wir kurzhin die knochenbildenden nennen wollen, und andererseits aus den Widerständen, die sich an seinen Grenzen einfinden.

Daraus folgt, dass die Knochenmasse die Augenhöhle nicht ausfüllt, so lange der durch die gespannten Augenmuskeln in die Höhle gezogene Bulbus wie ein Presskegel wirkt, und weiter, dass die Muskeln, welche nicht mehr wachsen, durch ihre senkrecht auf die Epiphysen wirkenden Zugkräfte das Längenwachsthum der Röhren hindern, oder dass die Knochenneubildung in der Markhöhle gehemmt wird, wenn die Markmasse reichlich wächst, und umgekehrt werden die Weichtheile verdrängt bei lebhafter Knochenentwickelung, wie bei Exostenbildung u. s. w.

Und ferner, dass obwohl uns weitaus die meisten Faktoren unbekannt sind, welche die Knochenbildung fördern und hemmen, zu ihnen doch zu zählen ist: der Zustand der Capillargefässe in den Knochenkanälen und im Periost, indem alle Umstände, welche

die Erweiterung derselben begünstigen, die Knochenentwickelung fördern und die entgegengesetzten sie hemmen.

Darauf führen hin die Erfahrungen über gesteigertes Knochenwachsthum: bei Reizungszustand des Periosts, der von Gefässerweiterung begleitet ist, ebenso in Folge kräftigeren Zuges der Muskeln an den Ansatzpunkten, und ferner bei Ausspannung der Schädelnähte durch das wachsende Hirn und nach Durchschneidung der Gefässnerven. Die umgekehrten Fälle finden sich aus den obenstehenden Nummern leicht heraus.

Weiter wird das Knochenwachsthum begünstigt durch die Eigenschaften, welche gewisse Lebensalter mit sich führen.

Dieses ergiebt sich daraus, dass der jugendliche Knochen in die von Weichtheilen befreiten Gruben hineinwächst, während der ausgewachsene dieses unterlässt.

Ferner wird bei sonst günstigen Verhältnissen die Knochenbildung durch reichliche Anwesenheit der Kalksalze im Blut gefördert, so wie durch das Gegentheil gehemmt, und endlich folgt aus Allem, dass, weil der Knochen von Geweben durchzogen und umgeben ist, die einen veränderlichen und dazu an verschiedenen Orten von einanander unabhängig veränderlichen Druck ausüben können, sich in dem Raume, den er einnimmt, abwechselnd Aufsaugung und Neubildung einstellen muss, so oft sich solche Druckvariationen einfinden. Daraus wird es wahrscheinlich, dass während des ganzen Lebens nicht bloss ein intermolekulärer, sondern ein auf grosse Strecken ausgedehnter Knochenwechsel besteht.

Die chemischen Vorgänge bei der Entstehung, Auflösung und der Erhaltung des Knochens sind uns fast durchweg unbekannt. Durch die Untersuchungen von Baur und Müller über die Umwandlung des vorgebildeten Knorpels im Knochen ist festgestellt, dass hierbei nicht wie man früher annahm, das Chondrigen in collagenes Gewebe umgewandelt wird, sondern dass sich das letztere sogleich als solches hinlegt.

Die Knochenkörperchen und ihre Ausläufer führen einen Saft; man betrachtet sie darum als Vermittler des Stoffaustausches zwischen Blut und Knochenmasse.

Die Markumbildung soll nach Freund unterstützt werden durch Verseifung der kohlensauren Kalkerde, welche durch das Knochenfett unter Beihülfe des kohlensauren Natrons und Ammoniaks der Knochen eingeleitet würde.

Nach Krappfütterung färbt sich der Knochen, und zwar zumeist um die Gefässröhren; die Hoffnung, dass man durch solche Färbungen dem Knochenumsatz näher kommen kann, hat sich nicht bestätigt.

Der Knochen gehört zu denjenigen Geweben, welche sich im Erwachsenen neu bilden, und zwar auch an solchen Stellen, die ursprünglich keine Knochenanlagen enthalten, wie H. Meyer,

R. Wagner, Wittich u. A. nachweisen, welche wahre Knochenbildung in der Haut, der Linse, dem Glaskörper aufdeckten.

Der Fettgehalt des Knochenmarkes schwankt sichtlich mit dem des ganzen Körpers.

Zähne.

1. Die anatomische Beschreibung*) unterscheidet an ihnen die Schmelzoberhaut, den Schmelz, das Zahnbein, den Kitt und das in der Zahnhöhle liegende Mark. — Das Schmelzoberhäutchen ist ein dünner, sehr harter und strukturloser Ueberzug des Schmelzes; dieser selbst setzt sich aus kurzen und breiten auf dem Querschnitt sechseckigen Fasern zusammen, die dichtgedrängt ohne verbindenden Stoff an einander und nahezu senkrecht auf der Oberfläche der Krone des Zahnbeins aufstehen. — Das Zahnbein, welches den weitaus grössten Theil von Wurzel und Krone einnimmt, ist aus einem homogenen Grundgewebe aufgeführt, welches von zahlreichen feinen Röhren, den Zahnröhrchen, durchzogen wird. Diese Röhrchen beginnen mit einer offenen Mündung in der Zahnhöhle und laufen von ihr nach allen Seiten gegen die äussere Begrenzung des Zahnbeins; auf diesem Wege theilen sie sich unter sehr spitzen Winkeln in einige Hauptäste, und aus diesen Aesten gehen zahlreiche Zweige ab, welche theils mit den Nachbarn, theils auch mit den Ausläufern der Knochenhöhlen des Kitts anastomisiren. Neben den Zahnröhren finden sich auch noch spärliche kugelige Hohlräume in dem Zahnbein. — Der Kitt endlich ist ein feines Knochenlager, welches die Wurzel überzieht. — Der Kern des Zahnmarkes, in dem sich Gefässe und Nerven verbreiten, ist aus undeutlichen Fasern mit eingestreuten Kernen gewebt und an seiner gegen die Höhlenwand gekehrten Oberfläche mit einer mehrfachen Schicht cylindrischer, kernhaltiger Zellen überzogen, die von dem Zahnbein durch ein strukturloses Häutchen abgegrenzt werden, so dass die Mündungen der Zahnröhren nicht direkt auf die Zellenoberfläche treffen. — Zur Befestigung des Zahns in den knöchernen Zahnfächern dient das Periost dieses letztern und das Zahnfleisch.

2. Chemische Zusammensetzung**). Schmelzoberhaut, Schmelz, Zahnbein nnd Kitt besitzen eine weiche Grundlage, in welche Erden eingelagert sind. Die von letzteren befreite Schmelzoberhaut nähert sich ihrer Reaktion nach dem elastischen Gewebe; die

*) Kölliker, Handbuch der Gewebelehre. 2. Aufl. 388.

**) Berzelius, Chemie. 1840. IX. Bd. 551 — v. Bibra, Chemische Untersuchungen über Knochen und Zähne. 1844. — Hoppe, Virchow's Archiv. V. Bd. 185.

der Schmelzprismen aber den Epithelialstoffen (Hoppe); das erweichte Zwischengewebe im Zahnbein und Kitt ist Collagen, die nächste Umgebung der Röhren, Kugelräume und Knochenkörperchen aber eine besondere in kochendem Wasser unlösliche Stubstanz (Hoppe). — Die in diesen Substanzen eingelagerten Salze enthalten nach Berzelius phosphorsauren Kalk und Talk, kohlensauren Kalk, Fluorcalcium und Talk; die phosphorsaure Kalkerde überwiegt hier in derselben Weise wie im Knochen. Die Verhältnisse, in welchen die organischen und unorganischen Bestandtheile in den einzelnen der erwähnten Gebilde enthalten sind, wechseln. In der Oberhaut und den Prismen des getrockneten Schmelzes fand v. Bibra zwischen 3,6 bis 6,0 pCt. organische und 94,0 bis 96,4 pCt. unorganische, in dem Zahnbein 21,0 bis 29,4 pCt. organische und 79,0 bis 70,6 unorganische Bestandtheile. Aus der Flüssigkeit, welche das Zahnmark durchtränkt, kann durch Essigsäure ein schleimartiger Körper gefällt werden; das Streifengewebe desselben reagirt dem Bindegewebe nicht in allen Stücken ähnlich.

3. Ernährung. Der Entstehung des Zahns muss der Aufbau eines besondern Werkzeugs vorausgehen, das aus einem Säckchen, den Zahn- und Schmelzkeimen besteht. Das Säckchen ist eine Aushöhlung in den Zahnrändern des Kiefers, die, von einer derben Haut umgeben, nach der einen Seite von dem Knochen und nach der andern von dem knorpelharten Zahnfleisch begrenzt wird. An den entgegengesetzten Wandungen des Säckchens treten die beiden Keime in die Höhle hervor und zwar der Zahnkeim von der Alveolarseite und der des Schmelzes von der Zahnfleischseite des Säckchens. Damit ist zugleich ausgedrückt, dass der erste nur einen kleinen Theil von der Wandung des Zahnsacks bedeckt, während der zweite dem weitaus grössten Theil der innern Wandfläche anliegt. Umgekehrt wie der Querschnitt verhält sich die Höhe beider Auswüchse, denn während der Zahnkeim wie eine starke an dem freistehenden Theil verbreiterte Warze in den Zahnsack hineinragt, bildet der Schmelzkeim nur eine niedrige Lage. — Beide Keime liegen in dem Sack so, dass sie mit ihren freien in die Höhle schauenden Oberflächen unmittelbar wider einander liegen. Sie füllen ihn jedoch nicht vollkommen aus, indem zwischendem Umfang der Zahn- und Schmelzgrenze ein kleiner mit Eiweiss- und Salzlösung gefüllter Hohlraum übrig bleibt (Meissner, Magitot)*).

---

*) Archives générales de Médicine 1858. I. Bd. p. 48 flgde.

Der Schmelzkeim besteht nun, vom Zahnsäckchen aus gerechnet, aus einer Schicht Bindegewebe mit Gefässen, dann einer stärkern Lage schwammigen Gewebes, das von verästelten und communizirenden Zellen durchzogen und mit einer eiweisshaltigen Flüssigkeit durchtränkt ist, auf diesem sitzt ein Cylinderepithelium, dessen Oberfläche von einer strukturlosen Haut bedeckt wird, auf der endlich die Schmelzprismen stehen. — Der Zahnkeim ist an die Wand des Säckchens geheftet durch eine faserige bindegewebsartige Masse, welche von Blutgefässen durchzogen ist; auf ihm sitzt ein Zellenlager, welches gegen den Schmelz hin in lange Aeste auswächst, zwischen denen eine strukturlose Ausfüllungsmasse liegt. Diese Ausläufer stossen unmittelbar an die Schmelzprismen. Zahnbein und Schmelz wachsen sich somit entgegen und werden zusammengepresst durch den Druck, welchen die Blutgefässe und die aus ihnen geschiedenen Stoffe in dem geschlossenen Säckchen erzeugen. An der Grenze von Schmelzfasern und Zahnröhren beginnt nun auch jedesmal die Verkalkung und zwar gleichzeitig in beiden Gebilden; Wachsthum der Grundlagen und Verknöcherung derselben schreitet dann in dem Schmelz und Zahnbein nach entgegengesetzten Richtungen fort. Da das Säckchen einen starken Widerstand leistet, so muss die in dasselbe abgesonderte Masse allmählig die eintretenden Gefässe zusammendrücken; dieses wird aber zuerst denen des Schmelzkeims begegnen, weil ihre zuführenden Arterien enger und darum auch der Strom in ihnen schwächer ist; die Schmelzbildung ist dann natürlich geschlossen. Wenn dieses geschehen ist, so verlängert sich das Säckchen gegen die Alveolarhöhle aus unbekannten Gründen; das Zahnbein, welches in dieser Verlängerung entsteht, kann aber natürlich nicht mehr mit Schmelz überzogen sein, es stellt die spätere Wurzel dar; da die ihn umkleidende Wand des Säckchens zum Periost der Alveolarhöhle wird, so scheidet dieses nun nach zwei Seiten Knochensubstanz aus, nemlich auf den Zahn als Kitt und ausserdem in den Alveolarrand. So wie nun der Wurzeltheil des Zahns gegen den Kieferknochen sich andrängt, muss bei noch weiterm Wachsen das nachgiebigere Zahnfleisch ausgespannt und seine Gefässe zusammengedrückt werden, und darum wird der Zahn dasselbe durchbrechen, wobei die zuerst gebildete Krone durch die allmählich sich entwickelnde Wurzel vorgeschoben wird. — Ein grösserer Theil der zuerst hervorbrechenden Zähne, die Milchzähne, fallen bekanntlich in der Kindheit wieder aus, um durch

neue ersetzt zu werden. Die neuen Zähne entstehen aber genau wie die Milchzähne in Säckchen, welche schon in der Fötalperiode gebaut wurden. Indem sie sich entwickeln, schieben sie nicht einfach den alten Zahn vor sich her, sondern sie leiten eine Auflösung der Wurzel ein.

Von den Milchzähnen brechen zuerst die innern und dann die äussern Schneidezähne durch, hierauf die ersten Back-, dann die Eck- und schliesslich die zweiten Backzähne. Der erste von diesen Zähnen pflegt gegen den 7., der letzte gegen den 30. Monat nach der Geburt hervorzukommen. Von den bleibenden Zähnen erscheint zuerst der dritte Backzahn, darauf die innern Schneidezähne und die übrigen in einer ähnlichen Reihenfolge wie die Milchzähne. Das zweite Zahnen beginnt mit dem 7. und endet mit dem 18. Jahre.

Die Veränderungen, welche die ausgewachsenen Zähne darbieten, sind äusserst unbedeutend. Sie beschränken sich, abgesehen von Krankheiten, auf eine Abnutzung der Krone beim Kauen und die Einlagerung von Kalksalzen in die Zahnhöhle, die im hohen Alter oft sehr verengt angetroffen wird. — Die Zahnröhren führen, wie es danach scheint, keine Flüssigkeit, die umsetzend auf das Zahnbein wirkt; ihre Wirksamkeit beschränkt sich wahrscheinlich darauf, das Zahnbein gleichmässig zu durchfeuchten, wodurch die Sprödigkeit desselben vermindert wird.

Das Periost des Zahnfächers kann dagegen mancherlei Veränderungen in der Zahnstellung herbeiführen. Namentlich kann es einen locker gewordenen oder gar schon einmal ausgezogenen Zahn wieder befestigen durch Anlagerung von neuem Kitt; mit seiner Hilfe sollen sich sogar die Nerven und Blutgefässe des Zahns wieder herstellen. Das Periost kann aber auch schwinden, so dass der Zahn in dem Fächer gelockert wird, oder aber es kann von ihm die Knochenbildung in den Fächer hinein so weit vorschreiten, dass der Zahn ausgedrängt wird.

Die Caries der Zähne wird durch den deutschen Namen Fäule gut bezeichnet, da sie in einem der Fäulniss ähnlichen von Pilzbildung begleiteten chemischen Prozess besteht.

Fettzellen.

Gemenge von neutralen und sauren Fetten sind im menschlichen Körper sehr verbreitet, sie durchtränken die Hornstoffe, schwimmen als Tröpfchen oder Kügelchen in wässerigen Flüssigkeiten, die entweder frei (seröse Säfte, Galle, Speichel u. s. w.) vorkommen, oder die, mit eiweissartigen Stoffen gemengt oder ver-

bunden, Nerven und Muskelröhren füllen. Ausserdem aber sind sie abgelagert in zahlreichen Zellen, welche von den Anatomen als Fettzellen bezeichnet, in dem lockern Bindegewebe zu grossen oder kleinen Haufen vereinigt vorkommen; diese sollen hier besprochen werden.

1. Anatomische Beschaffenheit*). In die strukturlose Zellenhaut soll immer ein wandständiger Kerne ingelagert sein, der aber gewöhnlich nur dann sichtbar wird, wenn die Zelle durch Entfernung ihres trüben Inhalts durchsichtig gemacht wird. Der Binnenraum ist entweder strotzend mit Fett erfüllt, das bei der Normaltemperatur des Menschen (36° bis 39° C.) halb und auch ganz flüssig ist, oder er enthält neben einer wässerigen Flüssigkeit Tropfen oder Krystalle eines Fettes, oder endlich die zusammengefallene Zelle schliesst nur wässerige Flüssigkeit in sich. Die Zellen sind an Grösse zwar sehr variabel sowohl an den gleichen als an verschiedenartigen Lagerungstätten; aber an einzelnen Orten doch durch dieselbe ausgezeichnet; so enthält z. B. das Bindegewebe in den Markhöhlen des Knochens constant eine kleine Art von Fettzellen (Markzellen) (Kölliker, Robin). Die einzelnen Zellen eines Fettklümpchens sind gewöhnlich durch eine strukturlose Haut zusammengekettet; in dieser verlaufen Blutgefässe.

2. Chemische Zusammensetzung**). Die Membran, welche die Zellen zu einem Träubchen vereinigt, zeigt die Eigenschaften des Bindegewebes. — Die Haut der Zelle selbst nähert sich, so weit dieses aus ihrer chemischen Reaktion geschlossen werden kann, dem elastischen Stoff (Mulder). — Der fette Antheil des Inhalts besteht aus Tristearin, Palmitin, Olein und einem andern ölartigen Fette (Chevreul, Heintz). Das Verhältniss, in welchem die einzelnen Bestandtheile dieses Gemenges zu einander stehen, bewegt sich in weiten Grenzen. Lassaigne giebt nach einer allerdings ungenauen Methode an, dass z. B. beim Rind das Netzfett das der Nierenkapsel und dieses das der Kreuzbeingegend an Stearingehalt übertreffe. Aus der Erfahrung von Berzelius, dass das Nierenfett des Menschen bei 25°, das Zellgewebsfett und das der Wade aber erst bei 15° C. erstarrt, würde man auf einen

*) Kölliker, Handbuch der Gewebelehre. 3. Auflage. 1859. p. 103 u. 223.

**) Mulder, Physiolog. Chemie. Braunschweig. p. 619. — Heintz, Lehrbuch der Zoochemie. Berlin 1853. p. 386 und 436. — Derselbe, Berichte der Berliner Akademie. 1854. p. 207 und 484. ibid. 1857. p. 417. — Derselbe, Journ. für prakt. Chemie. 66. Bd. I. — Redtenbacher, Liebig's Annalen. 59. Bd. 41. — Lassaigne, Pharmaz. Centr. 1851. 701. — Berzelius, l. c. IX. Bd. 560.

grössern Oelgehalt des letztern schliessen dürfen, wenn Heintz nicht dargethan hätte, dass die Fette ihre Schmelzbarkeit vollkommen ändern nach dem Verhältniss ihrer Gemengtheile.

Seit Chevreul wurde auch noch die Anwesenheit des Margarins im Menschenfett als feststehend angesehn. Heintz, welcher die Margarinsäure künstlich darstellte, konnte nachweisen, dass die aus dem sog. Margarin des Menschenfetts gewonnene Säure ein Gemisch aus Palmitin und Stearinsäure sei, welches wohl hinsichtlich seines Schmelzpunktes, nicht aber seiner andern Eigenschaften mit der reinen Margarinsäure übereinstimmt. —

Die Zusammensetzung der Flüssigkeit, welche entweder nur die Zellenhaut durchtränkt, oder auch einen Theil des Inhalts ausmacht, ist noch nicht untersucht; in strotzend mit Fett gefüllten Zellen ist sie nur in sehr geringer Menge vorhanden (Berzelius).

Von den wesentlichen physikalischen Eigenschaften der in den Fettzellen enthaltenen Fettgemenge ist schon früher (Bd. I. p. 30) gehandelt.

3. Ernährung*). Die Fettzellen entwickeln sich aus Bildungszellen. Beim Wachsthum des Kindes scheint der Umfang des Fettgewebes weniger durch eine Neubildung von Zellen als vielmehr durch ein Wachsthum der vorhandenen zuzunehmen (Harting). Wahrscheinlich kann jedoch im spätern Leben eine Neubildung derselben vor sich gehen.

Der Fettgehalt des Zellenraums, der sich bekanntlich während des Lebens beträchtlich ändert, wechselt a) mit der Nahrung. Ein Futter, welches die Thiere mästen soll, muss enthalten: Eiweisskörper, Amylon und Fette; fehlt einer dieser Bestandtheile und namentlich der letztere, so lagert sich kein Fett ab (Boussingault); zudem müssen aber auch die aufgezählten Nahrungsmittel in einem gewissen Verhältniss gereicht werden, wenn die Mastung überhaupt oder wenigstens auf die vortheilhafteste Weise gelingen soll. So bedingt ein überreichlicher Fettzusatz zur Nahrung eine Abmagerung aller Fettzellen, der des Netzes ausgenommen (Emanuel). Aehnliches gilt für Amylacea. Wenn die eiweissartigen Stoffe $1/3$ der Amylacea ausmachen, so gelingt die Mast am besten, sinken sie bis auf $1/5$, so misslingt die Feistung, wie reichlich man auch das Futter geben mag (Fürstenberg). —

---

*) Harting, Recherches micrometr. Utrecht 1845. 51. — Chossat, Recherches expériment. sur l'inanition. Paris 1843. — Schuchardt, Quaedam de effectu, quem privatio etc. Marburg 1847. und Valentin's Jahresbericht für 1848. — Emanuel, Quaedam de effectu, quem olea etc. Marburg 1847. und Valentin's Jahresbericht für 1848. — Liebig in seinen Annalen. 41. Bd. 273. 45. Bd. 112. 48. Bd. 126. — Dumas, Annales de chimie et physique. VIII. Bd. 63. und XI. Bd. — Letellier, Observation sur l'action du sucre. ibid. — Person, L'institut. 1844. N. 573. — Boussingault, Recherches expérimentales sur le développement de graisse. Annales de chimie et de physique. XIV. — Hoppe, Archiv für pathol. Anatomie. X. Bd. 144.

Die Fettmenge, um welche die Thiere zunehmen, übersteigt den Fettgehalt der Nahrungmittel (Gundlach, Liebig, Boussingault). — Bei gänzlicher Entziehung der Nahrung schwindet, das Wasser ausgenommen, kein Bestandtheil unseres Körpers so rasch, als das Fett (Chossat, Schuchardt). — b) Unter sonst günstigen Umständen häuft körperliche Ruhe das Fett, während es durch Muskelanstrengung verzehrt wird. — c) Das Auftreten neuer oder die Steigerung bestehender fetthaltender Absonderungen (Eiter, Milch u. s. w.) bedingt ein Schwinden des fettigen Zelleninhalts. — d) Das spätere Lebensalter, insbesondere bei Frauen die Zeit jenseits der Menstrualperiode, sind der Fettablagerung günstig.

Um den Einfluss irgend einer Bedingung auf die Fetterzeugung zu bestimmen, wählt man nach Chossat und Boussingault möglichst gleiche Exemplare eines und desselben Wurfs oder derselben Brut heraus, in denen man denselben Fettgehalt voraussetzen darf. Tödtet man ein Thier vor Beginn und das andere nach Vollendung der Versuchsreihe, so stellt der absolute Unterschied des Fettgehaltes beider Thiere, der wenigstens annähernd zu finden ist, die Zu- oder Abnahme des Fettes in dem der Versuchsreihe unterworfenen Thiere dar. Dieser Unterschied stellt nun aber offenbar nicht die ganze Menge des Fetts dar, welches von Beginn bis zu Ende des Versuchs in den Fettzellen niedergelegt wurde; denn der zuletzt gefundene Grad ihrer Füllung dürfte nichts anderes sein, als der Unterschied der während der Versuchszeit in ihnen ein- und ausgetretenen Mengen. Auf die Gegenwart eines solchen stetigen Verkehrs deuten nemlich obige Thatsachen von selbst hin.

Die Anhäufung des Fetts in den Zellen geht gewissermaassen mit einer Auswahl des Orts von Statten. Die meiste Anziehung zum Fett haben die Zellen der Augenhöhle, die Wangenlücken, panniculus adiposus der Fusssohle und der Fingerspitzen und die Markhöhlen, welche selbst in der äussersten Abzehrung nie fettleer gefunden werden. Mehrt sich das Fett, so tritt es zuerst im panniculus der Hinterbacken, dem Bauch, den Waden, der Brust und gleichzeitig oder noch früher in der Umgebung des Kniegelenks und in den spongiösen Gelenkenden auf; erst wenn hier die Füllung einen gewissen Grad erreicht hat, schwellen auch die Zellen des Bauchfells und der Nierengegend.

Nach den Erfahrungen von Liebig und Gundlach, welche Boussingault bestätigt hat, kann kein Zweifel darüber sein, dass das Fett des Zelleninhaltes nicht unter allen Umständen seinen Ursprung dem mit der Nahrung eingeführten Fett verdanken kann; aus welchen Atomen es nun aber entspringt, ob aus Amylon oder eiweissartige nStoffen, lässt sich nicht angeben. — Nochw eniger entschieden ist die Frage, ob das Fett in die Zellen aus- und eingeführt werde, oder ob es in ihnen selbst entstehe und vergehe. — Nach-

dem nemlich einmal die Möglichkeit der Entstehung des Fettes aus andern in Wasser löslichen Atomgruppen des Thierleibes nicht mehr bestritten werden kann, so gewinnt die Annahme, dass dieselbe innerhalb der Fettzellen vor sich gehe, an Wahrscheinlichkeit, namentlich wenn man die Schwierigkeiten erwägt, welche sich dem Uebergang des Fettes aus den Nahrungsmitteln in die Fettzellen entgegenstellen; kaum ist es nemlich aus dem Darmrohr auf einem wie es scheint, bequemen Weg in die Lymphgefässe eingegangen, so wird jedes kleinste Tröpfchen mit einer von Wasser getränkten Haut umgeben. Um aus dem Blut in seine neue Lagerstätte zu kommen, muss das Fett die Hülle der Lymphkörperchen, die Wandung der Capillargefässe und die Häute der Fettzellen durchbrechen. Dazu kommt noch, dass in der That bei einer reichlichen Fettnahrung nur die Zellen des Netzes, wohin das Fett unmittelbar aus den Lymphgefässen gedrungen sein könnte, sich mit Fett füllen. Hiergegen lässt sich allerdings einwenden, dass es Stoffe giebt, welche dem Fette auch den Durchgang durch Wasser erleichtern, wohin namentlich die Seifen und die Galle zählen. Ausserdem könnte man für die Hypothese von der einfachen Ueberführung auch noch die Thatsache anführen, dass die Steigerung der Butterausscheidung u. dergl. die Fettablagerung in dem Bindegewebe hemme; bei genauerer Ueberlegung zeigt sich aber sogleich, dass diese Beobachtung nur dafür einsteht, dass das Fett der Butter und des Eiters einerseits und des Bindegewebes anderseits ihr Bildungsmaterial aus einer Quelle ziehen. — Zur Entscheidung können auch nicht die Versuche von R. Wagner*), Burdach und Wittich**) dienen, aus denen hervorgeht, dass eine Crystalllinse, Muskelstücke, Hollundermark u. dergl., welche in die Unterleibshöhle geschoben werden, nach einiger Zeit sich in Fette umgewandelt oder damit durchtränkt haben. Denn selbst das Fett, welches in das Hollundermark abgesetzt war, kann aus Stoffen abstammen, welche in wässerigen Lösungen in dasselbe eingedrungen und dort erst verändert sind. Siehe hierüber noch Michaelis***).

Das Schwinden des Fettes in den Zellen lässt sich ebenfalls nach Analogie bekannter Fettzersetzungen wohl erklären, aber es fehlt uns ein Beweis für das Bestehen eines solchen Prozesses in

*) Mittheilungen einer einfachen Methode etc. Göttinger gelehrte Anzeigen 1851.

**) W. Burdach, experimenta quaedam de commutatione etc. Königsberg 1853.

***) Prager Vierteljahrschrift. 1853. III. Bd.

der Fettzelle. Man könnte nemlich voraussetzen, dass in dieser letztern nach Art der oxydirenden Fettgährung die neutralen Fette erst in Glycerin und fette Säuren und diese dann wieder durch allmählige Abspaltung in C_2H_2 und CO_2, HO und eine fette Säure niederer Ordnung zerfielen. Um dieser Hypothese Eingang zu verschaffen, fehlt selbst der Nachweis von Capron-, Capryl-, Baldrian-, Buttersäure u. s. w. in dem Fettgewebe.

Nervenröhren.

1. Die anatomischen Eigenschaften derselben sind schon früher (Bd. I. p. 85) auseinandergesetzt.

2. Chemische Zusammensetzung*). Die mikrochemische Untersuchung, deren Ergebnisse ebenfalls schon früher erwähnt sind, lässt die Scheide des Rohrs aus elastischem Gewebe und den Inhalt desselben aus einem Gemenge von Fetten, Eiweissstoffen, Salzen und Wasser bestehen. v. Bibra hat die Fette und Salze der Nerven und ebenso einige quantitative Verhältnisse derselben im Grossen untersucht; die Fette bestehen nach ihm aus Olein und Margarin, Cerebrinsäure, Cholestearin und einigen andern nicht näher bestimmbaren festen und flüssigen Fettarten; die Asche enthielt Eisen, Kochsalz und Verbindungen der Phosphorsäure mit Kali, Natron, Kalk- und Talkerde.

Die quantitative Schärfe wird beeinträchtigt durch den Mangel an Reinheit des Gewebes, welches nur mit Bindegewebe und u. s. w. vermischt, der Zerlegung zugängig ist. — Quantitativ sind bestimmt worden die in Aether löslichen und unlöslichen Bestandtheile, das Wasser und die Aschen am nerv. opticus, brachialis, cruralis, ein oberer und unterer Abschnitt des ischiadicus bei Menschen von 3 bis 93 Jahren, männlichen und weiblichen Geschlechts. Diese Beobachtungen lassen erkennen, dass das analytische Object von sehr variabler Natur ist und in keiner Abhängigkeit zum Alter des Menschen und der Localität des Nerven steht. So schwankt z. B. der Aetherauszug in 100 Theilen des n. cruralis zwischen 13 und 38 pCt., im n. brach. zwischen 4 und 30 pCt., im obern Stück des n. ischiadicus zwischen 18 und 26 pCt. und im untern zwischen 11 und 24 pCt. An Wasser enthielt ein Hingerichteter im n. ischiadicus oberer Hälfte rechter Seite 72,4 pCt., linker Seite 68,2 pCt., unterer Häfte rechter Seite 69,7 pCt., linker Seite 68,6 pCt. In einer andern auf gleiche Weise dargestellten Leiche gab der n. crualis linker Seite 63,6 pCt., rechterseits 64,0 pCt. Wasser (Birkner). Aehnliche Unterschiede zeigt der Gehalt der in Aether unlöslichen Bestandtheile. Dabei kommt auch kein bestimmtes Verhältniss zwischen dem Wassergehalt und dem Aetherauszug heraus; die Nerven mit der geringsten Menge Aetherextract erweisen sich allerdings am wasserreichsten, aber sehr häufig ist der Wassergehalt zweier Nerven annähernd einander gleich, während ihr Gehalt an Aetherextract weit von einander abweicht. — Die prozentische Aschenmenge steigt dagegegen mit der-

*) Schlossberger vergleichende Thierchemie. I. Bd. Nervengewebe. — Bibra, Liebigs Annalen. 91. Bd. — Birkner, das Wasser der Nerven Augsburg 1857.

jenigen der in Aether unlöslichen Stoffe. Sie wechselt zwischen 1,2 bis 0,6 des feuchten Nerven. — Die Zusammensetzung der Fette ist ebenfalls qualitativ und quantitativ wechselvoll; gewöhnlich überwiegt Margarin und Olein, das bis zu 94,9 pCt. des trockenen ätherischen Auszugs sich erhebt. Die Asche besteht wesentlich aus phosphorsauren Salzen, unter denen bald die phosphorsauren Alkalien und bald die Erden überwiegen. In 100 Theilen Asche hält sich das Chlornatrium zwischen 18 und 27 pCt. und das Eisen zwischen 1 und 2 pCt. — Der n. cruralis und ischiadicus einer einseitig gelähmten 78jährigen Frau waren beiderseits sehr fettreich, der n. brachialis, welcher nur auf der gelähmten Seite untersucht wurde, dagegen keineswegs.

3. Ernährung. Die entstehenden Nervenröhren sollen aus verlängerten und mit einander verwachsenen Bildungszellen hervorgehen. Eine vollkommene Neubildung ist auch im erwachsenen Menschen möglich (Virchow)*), obwohl sie selten vorzukommen scheint. Der Wiederersatz eines ausgeschnittenen Stücks Nervenrohr mit der Wiederherstellung eines Kanals ist dagegen sehr häufig beobachtet und tritt, obwohl sehr langsam, im gesunden Individuum jedesmal ein, vorausgesetzt, dass die beiden zugehörigen Enden des durchschnittenen Nerven durch einen Zwischenraum von nicht mehr als höchstens 8—12 Linien getrennt und mit ihren Schnittflächen einander zugekehrt sind. Diese Thatsachen in Verbindung mit den Ergebnissen, welche die mikroskopischen Beobachtungen von Kölliker und Valentin**) lieferten, lassen darauf schliessen, dass die beiden Enden wieder mit einander verwachsen. Im Gegensatz hierzu behauptet Walther***), dass das peripherische von seiner Verbindung mit Hirn oder Rückenmark getrennte Stück ganz absterbe und sich an der Stelle desselben ganz neue Nervenröhren entwickelten, die mit denen im centralen Stumpf enthaltenen sich verbinden. Hierzu würden die Erfahrungen in der Rhinoplastik stimmen, welche zeigen, das ein aus der Stirnhaut auf die Nase gesetzter Lappen nach Jahren wieder als ein Theil der Nase empfunden, also von den Nervenstämmchen der letzteren aus versorgt wird (Dieffenbach)†). — Die Zahl der Röhren, welche von gleichnamigen Nervenstämmen eines Kindes und eines Erwachsenen eingeschlossen werden, ist annähernd gleich, der mittlere Querschnitt der kindlichen Nervenröhren ist dagegen viel geringer, als im spätern Lebensalter (Harting). Daraus darf wohl gefolgert werden, dass sich beim Wachsthum des Körpers nicht die Zahlen, sondern nur die Dimensionen der Nervenröhren vergrössern.

---

*) Würzburger Verhandlungen II. Bd. 141.

**) Lehrbuch der Physiologie. 2. Aufl. p. 716.

***) Kölliker, Handbuch der Gewebelehre. 2. Aufl. 356.

†) Romberg, Lehrbuch der Nervenkrankheiten. I. 1. Aufl. 212.

Im ausgewachsenen Nerven setzt man einen lebhaften Stoffwechsel voraus; dieses gründet man in Ermangelung chemischer Beweise darauf, dass ein Nerv seine Fähigkeit, lebendige Kräfte zu entwickeln, rasch einbüsst, wenn ihm die Blutzufuhr abgeschnitten wird, und sie ebenso rasch nach dem Zutritt von Blut wieder gewinnt. — Die einzigen sicheren Erfahrungen über die inneren Umsetzungen des Nerven, hat die mikroskopische Anschauung geliefert. Sie lehrt, dass ein Nerv der längere Zeit den Zustand der Erregung entbehrt hat, blass und zusammengefallen ist nnd zuweilen mit kleinen kernhaltigen in Aether unlöslichen Zellen (Marfels)*) oder kleinen Fetttröpfchen gefüllt ist (L. Fick, Kölliker, Virchow). Diese Veränderung kann aber, so lange als die Verbindung des Nerven mit dem Hirn und Rückenmark noch besteht, wieder aufgehoben werden; denn ohne diese Annahme würde es unerklärlich sein, dass die atrophischen Muskeln und Nerven eines Klumpfusses wieder in normale Funktion treten, nachdem durch eine passende orthopädische Behandlung die Beweglichkeit des Gliedes hergestellt ist. Ueber Nervenhypertrophie berichtet H. Müller**). — Die mikroskopische Untersuchung thut ausserdem dar, dass ein von den nervösen Centren getrennter Nerv rasch seine Struktur einbüsst, indem namentlich das Mark gerinnt und die doppelten Contouren verloren gehen. Diese Beobachtungen zeigen, dass der Nerv, um seine chemische Zusammensetzung zu behaupten, ebensowohl der Beihilfe des Blutes, als auch der Einwirkungen bedarf, welche vom Hirn- und Rückenmark aus auf sie zu geschehen pflegen. Ob diese in noch etwas anderm, als in der von dort ausgehenden Erregung bestehen, ist nicht bekannt.

Von den Ernährungsverhältnissen der übrigen nervösen Elementarformen, z. B. der Ganglienkugel, der Stäbchenschicht u. s. w., weiss die Physiologie noch nichts dem betreffenden Inhalt der histologischen Lehrbücher zuzusetzen.

Hirn und Rückenmark.

1. Chemische Zusammensetzung***). Der wässerige Auszug des Hirns enthält mehrere Eiweisstoffe, Kreatin, Mensch (W. Müller), Hund, Taube (Staedeler), nicht aber das Rind (W. Müller), viel Milchsäure (Bibra, W. Müller) und geringe Menge

*) Archiv für patholog. Anatomie. XI. Bd. 200.

**) Graefe's Archiv für Ophthalmologie.

***) Fremy, Annales de chim. et phys. 3 sième sér. 2. Bd. 463. — Berzelius, Lehrb. d. Chemie. IX. Bd. — v. Bibra. Vergleichende Untersuchungen über das Gehirn des Menschen. Mannh. 1854. — Derselbe in Liebig's Annalen. 91. Bd. — Hauff u. Walther, Archiv für

flüchtiger Fettsäuren von der allgemeinen Formel $C_{2n} H_{2n} O_4$ (W. Müller), phosphorsaure neben Spuren von schwefel- und salzsauren Alkalien (Bibra). Im Hirn einer Choleraleiche fand Voit Harnstoff. Im Aetherauszug hat man gefunden: einen indifferenten Körper, das Cerebrin = $C_{34} H_{33} NO_6$ (W. Müller), das also den ältesten Angaben entgegen weder Ph. enthält, noch eine Säure ist, Glycerinphosphorsäure (?), viel Cholestearin, Olein, Margarin (?) und ein Gemenge anderer nicht näher untersuchter, fettartiger Stoffe. Der nach Behandlung mit Wasser und Aether verbleibende Rückstand enthält unlösliche Eiweisskörper, die Bestandtheile der Gefässe und des Bindegewebes Eisen, Kieselsäure, phosphorsauren Kalk und Talk. — Das Verhältniss, in welchem diese Stoffe in den verschiedenen Hirntheilen vorkommen, ist nicht gleich. John und Lassaigne hatten schon gefunden, dass die weisse, nur aus Nervenröhren zusammengesetzte Substanz viel reicher an in Aether löslichen Stoffen und dagegen viel ärmnr an Wasser sei, als die graue. Diese Beobachtung ist durch eine ausgedehnte Versuchsreihe von Hauff, Walther und v. Bibra bestätigt worden, welche in der weissen Substanz 69,9 bis 70,6 pCt., in der grauen dagegen nur 84,8 bis 86,4 pCt. Wasser fanden, während die erstere 14,9 bis 17,0 pCt., die letztere dagegen 4,8 bis 5,1 pCt. Aetherextract enthielt. Schlossberger fügt hierzu die Erfahrung, dass diese Unterschiede zwischen weisser und grauer Substanz in dem Hirn von Neugeborenen noch nicht bestehen, indem beide zwischen 88,5 und 89,8 pCt. Wasser und 3,5 bis 3,8 ätherisches Extract enthalten. Die Rückstände der ätherischen Auszüge aus beiden Substanzen unterscheiden sich dadurch, dass in der weissen das Cerebrin, in der grauen dagegen die Fettarten überwiegen. Cholestearin scheint in beiden ungefähr gleich viel zu sein (v. Bibra). Die Asche der beiden Hirnmassen ist weder eine gleich reichliche noch eine gleich zusammengesetzte. Die weisse Substanz liefert um 95 pCt. weniger Asche, diese ist stark sauer, während die der grauen alkalisch reagirt (Lassaigne, Schlossberger). Der Grund für die saure Beschaffenheit der Asche des Markstoffes ist gelegen in dem starken Gehalt des letzteren an phosphor- (?) und phosphorsäurehaltigen Fetten.

---

physiolog. Heikunde. 1853. 100. — Schlossberger, Liebigs Annalen. 86. Bd. 119 und ibid. 90. Bd. 381. — Breed, ibid. 80. Bd. 124. — W. Müller, ibid. 103. p. 131 und 105. Bd. 361. — Staedeler, Chem. Centralblatt. 1858. 112. — Schlossberger, allgemeine Thierchemie. I. Bd. Nervengewebe.

Beliebige Stücke der Hirnsubstanz, die man ohne Sonderung der weissen und grauen Masse ausgeschnitten hatte, sind demnach begreiflich nicht überall gleich zusammengesetzt. Vauquelin beobachtete, dass medulla spinalis und oblongata am meisten Aetherextract liefern, und Bibra; der dieses bestätigt, setzt hinzu, dass von den aus weisser und grauer Masse gemischten Hirntheilen mit abnehmendem Gehalt an jenem Extract der Reihe nach folgen: die Grosshirnhemisphären, cerebellum und pons, crura cerebri, corpora striata und thalami optici. Diese Reihe ist nach Schlossberger keine constante. Der ätherische Extractgehalt ist bei Embryonen und jungen Kindern geringer, späterhin, namentlich jenseits der Pubertät ist er unabhängig vom Alter; vielleicht dass im Greisenthum der Gehalt an in Aether löslichen Stoffen ab-, und der an Wasser wieder zunimmt; dieselbe Unabhängigkeit gilt von dem Fettreichthum des übrigen Körpers, indem magere und fette Personen ganz dieselbe Menge von Aetherextract bieten (v. Bibra). — Um einen Begriff von der Zusammensetzung der mineralischen Hirnbestandtheile zu geben, fügen wir eine Analyse derselben von Breed bei. 100 Theile frischen Hirns hinterliessen 0,027 Asche, welche in 100 Theilen aus 55,24 pyrophosphorsaurem Kali; 22,93 pyroph. Natron; 1,23 pyroph. Eisen; 1,62 pyroph. Kalk; 3,4 pyroph. Magnesia; 4,74 Chlornatrium; 1,64 schwefelsaurem Kali; 9,15 Phosphorsäure und 0,42 Kieselsäure bestanden. Analysen der entfetteten Hirnmasse theilt v. Bibra*) mit.

Der Reichthum der Nervencentren an Capillargefässen ist mit der Elementarstruktur des versorgten Orts veränderlich; die weisse Masse enthielt weite nach der Länge des Faserverlaufs gestreckte Maschen, die Körnerschicht, die dichtesten und engsten Netze, die Zellenschicht steht an Gefässreichthum in der Mitte zwischen Körner- und Zellenschicht; die äusserste Oberfläche des Kleingehirns ist frei von Capillargefässen (Oegg, Gerlach)**). Die grosse Menge von Gefässen in der grauen Substanz erweckt die Vermuthung, dass dort eine lebhafte chemische Thätigkeit stattfinden möge; diese Anschauung wird unterstützt durch die bekannte Erfahrung, dass das Hirn rasch abstirbt, wenn der Strom des arteriellen Blutes zum Hirn oder Rückenmark nur kurze Zeit unterbrochen ist. Gegen die obige Annahme spricht scheinbar die mehrfach bestätigte Erfahrung Chossat's; dass das Hirn verhungerter

*) Vergl. Untersuchungen u. s. w. p. 75.

**) Gerlach, Mikroskop. Studien. Erlangen 1858. p. 18.

Thiere im Gegensatz zu Fett, Muskeln u. s. w. einen nur unbedeutenden Gewichtsverlust erlitten hat; eine kurze Ueberlegung führt uns aber sogleich noch eine andere Erklärung dieser Erscheinung zu; denn es steht uns nichts entgegen, anzunehmen, es sei das Hirn mit so energischer Verwandtschaft zu den Blutbestandtheilen begabt, dass es auch noch aus dem Blut des hungernden Thiers, gleichsam auf Kosten der übrigen Organe, den Verlust ersetze, welchen es während seines Bestehens fortdauernd erleidet. — Wie das Hirn nach der Geburt sein Wachsthum fortsetzt, ist unbekannt. Ob alle Elemente vor derselben schon angelegt sind, oder ob nach der Geburt noch neue entstehen, bleibt unermittelt. Für die letztere Annahme könnte man geltend machen, dass sich in seltenen Fällen graue Hirnmasse an solchen Stellen und unter solchen Umständen gefunden hat, die auf eine pathologische Neubildung schliessen lassen (Virchow)*). — Da die chemische Zusammensetzung des Hirns nicht überall dieselbe ist, so wird es daraus wenigstens ganz im Groben erklärlich, warum Gifte, insbesondere Kohlensäure und Narkotika nicht alle Orte desselben gleichmässig angreifen, so dass z. B. Digitalin die Ursprünge des n. vagus, Opium die mit dem Bewusstsein in Verbindung stehenden Stellen, Strychnin die reflector. Apparate abtödtet, resp. aufregt. — Dabei könnten allerdings noch andere Bedingungen als die chem. Zusammensetzung in Frage kommen, wie dieses zu vermuthen ist aus einer merkwürdigen Versuchsreihe von Kunde**): über den Einfluss der Temperatur auf die Entwicklung des Strychnintetanus.

Er bringt frisch eingefangne Frösche in Strychninlösung und lässt sie hier so lange verweilen bis die allerersten Spuren erhöhter Reflexthätigkeit eintreten. Setzt er sie dann in warmes Wasser (32°C), so stellt sich Tetanus ein. Hierauf entfernt er sie aus dem warmen Wasser und hält sie in feuchtem Raume bei gewöhnlicher Zimmertemperatur, wo sie sich vollkommen erholen und nach 24 Stunden ohne Zeichen der Vergiftung herumhüpfen. Sie gerathen dagegen alsbald in Tetanus, wenn man sie mit dem Rücken auf ein Eisstück legt.

Muskeln.

Der anatomische und chemische Bau der glatten und gestreiften Muskelröhre ist schon abgehandelt***). Zu den dort gegebenen Mittheilungen über chemische Zusammensetzung hat Kühne†) die

*) Gesammelte Abhandlnngen. 1856. Nr. 998.

**) Würzburger Verhandlungen. VIII. 1857.

***) I. Bd. p. 421.

†) Posner, Mediz. Centralzeitung. 1858.

Beobachtung gefügt, dass aus einem in Zuckerwasser aufbewahrten Froschmuskel der lange gesuchte, flüssige und erst später gerinnende Faserstoff ausgepresst werden kann; Bloxam*) hat aus der Ochsenfleischbrühe eine neue stickstoffhaltige Säure und eine neue Base $= C_{13} H_{11} N_3 O_5$ aufgefunden. Das Vorkommen der Buttersäure hat er bestätigt. Scherer**) erklärt sein Hypoxanthin für identisch mit Streckers Sarcin. — Bei der Quellung nimmt der lebende, noch unter dem Nerveneinfluss stehende, aber seines Blutstroms beraubte Muskel 20 pCt. Wasser weniger auf als der todte (Arnold)***).

Der letztere Versuch gestaltet sich so, dass man die Gefässe des Froschgastrocnemius unterbindet und das Thier nach aufgeschlitzter Wadenhaut in Wasser setzt. Nachdem voraussichtlich die Gewichtszunahme des Wadenmuskels aufgehört hat (nach 24 Stunden) schneidet man denselben aus, wägt und legt ihn von Neuem in Wasser. Ueber andere Eigenthümlichkeiten der Muskelquellung siehe a. a. O.

1. Ernährungserscheinungen †). An der ersten Formung der Muskelröhre betheiligt sich nach übereinstimmenden Aussagen die Bildungszelle; das Wie ist dagegen streitig. — Nach der einfachsten Annahme verlängert sich nach einer Richtung hin die Zelle, ihr Kern theilt sich mehrmals und der Hohlraum füllt sich von der Peripherie nach dem Centrum mit dem Inhalt. Eine andere Anschauung lässt die Muskelröhre aus verlängerten und mit ihrer schmalen Seite verwachsenen Zellen hervorgehen. Eine dritte Annahme lässt den Inhalt der Muskelröhre und zwar jede sog. Fibrille aus einer Zelle hervorgehen, mehrere solcher vereinigen sich zur Bildung eines Bündels, das dann mit einer Haut umlagert wird. — In der Fötalperiode entsteht ein Muskelrohr nur dann, wenn die ihm zugehörigen Nerven vorhanden sind (E. H. und Ed.

---

*) Kopp's Jahresbericht für 1857. p. 558.

**) Scherer, Jahresbericht für 1857. p. 173.

***) Die physiolog. Anst. d. Univ. Heidelberg. 1858. 104.

†) Aus einer während des Druckes dieses Bogens erschienenen wichtigen Abhandlung über Bau und Entwicklung der Muskeln von Margo (Wiener Sitzungsberichte XXV. Bd.) hebe ich Folgendes aus. — Das Sarcolemma ist keine Zellenmembran und auch nicht durch Verschmelzung von Zellenmembranen entstanden; es bildet sich aus dem homogenen, fibrillären Bindestoff in Gestalt eines elastischen Begrenzungshäutchens. — Die contraktile Substanz ist das Product eigenthümlicher Zellen, welche sich durch Theilung der Kerne und Endogenese vermehren. Ihr Inhalt wandelt sich in Fleischstoff um; dieses geschieht so, dass sich im homogenen Inhalt der Zelle anfangs sehr kleine, stark lichtbrechende Körperchen hervorheben, die sich allmählig in Querreihen längs der Zellenwand ablagern; dieses Letztere wiederholt sich so oft, bis der Inhalt vollkommen mit Fleischmasse erfüllt ist. In diesem Zustand stellen die Sarcoplasten mehr oder weniger abgestutzte und gebogene Cylinderspindeln dar mit deutlicher Querstreifung; sie enthalten oft 1 — 2 helle Bläschen; Zellenhaut ist so vollständig mit dem Inhalt verwachsen, dass sie nicht gesondert nachgewiesen werden kann. Die Sarcoplasten können Fortsätze treiben in einfachen Reihen (mit der schmalen) oder in mehrfachen (mit der schmalen und langen Wand) mit einander verwachsenen. — Die ursprüngliche Längen- und Dickenzunahme der Muskelrohre geschieht durch Anfügung von Sarcoplasten.

Weber)*). Im erwachsenen Menschen gehört ihre Neubildung ebenso wie die Verheilung eines durchschnittenen Rohres mit Muskelsubstanz zu den höchsten Seltenheiten; sie ist nur wenigemal von Rokitansky, Virchow und Billroth**) beobachtet worden; ob sich mit ihr gleichzeitig Nerven entwickelten? — Bei dem Wachsthum der menschlichen Muskeln nimmt nicht die Zahl, sondern der Umfang der in ihnen enthaltenen Röhren zu (Harting, Hepp)***). Damit in Uebereinstimmung fand Liebig, dass verdünnte Salzsäure, welche die Röhrenwände und Scheiden zurücklässt, das Röhrenmark aber löst, aus den Muskeln alter Thiere einen grössern proportionalen Antheil auflöst, als aus denen junger. — Bei den Wirbelthieren gestaltet sich die Sache anders, indem beim Auswachsen des jungen Thiers sich auch die Zahl der Röhren mehrt (Budge, Margo)†).

Im Gastrocnemius eines Thieres, dessen Rumpflänge = 13,0 M. M. gefunden wurde, betrug die Zahl der Röhren 1053 und in einem andern dagegen, dessen Rumpflänge 80,0 M. M. betrug, war die Röhrenzahl = 5710. Auch bei Abmagern der Frösche soll die Röhrenzahl sich mindern und bei der Fütterung sich wieder mehren; dabei ändert sich aber auch gleichzeitig der Röhrenumpfang (Budge).

Die glatte Muskelzelle entsteht durch Auswachsen der Bildungszelle; im spätern Leben bildet sie sich sehr leicht nach ihrer Zerstörung wieder, ohne dass die gleichzeitige Entwickelung von Nerven beobachtet wird.

Der Inhalt des lebenden Muskelrohrs kommt niemals zu einem chemischen Gleichgewicht, wie aus den früheren Mittheilungen hierüber hervorgeht. Ueber die Geschwindigkeit des Stoffwechsels fehlen Angaben; etwas weniges ist uns nur bekannt über das Verhältniss der zu- und abgehenden Strömung. Die Zufuhr überwiegt den Abfluss, wenn bei hinreichender und insbesondere bei fleischhaltiger Nahrung die Muskeln häufig und angestrengt in Verkürzung gerathen. In diesem Falle nehmen nemlich die Muskeln an Umfang zu. — Umgekehrt verhalten sich die Dinge bei Entziehung der Nahrung; namentlich verdünnen sich die Muskelröhren auch, wenn die Thiere nur mit Eiweiss gefüttert werden, so dass sie aus Mangel an Fett oder Amylon verhungern. Doch ist die Abnahme derselben dann geringer, als wenn sie umgekehrt durch Entziehung des Eiweisses verhungern (Schuchardt)††). Die Mus-

*) Leipziger Berichte. 1849. p. 136.

**) Kölliker, Handbuch der Gewebelehre. 3. Aufl. p. 200.

***) Harting, l. c. — Hepp, Henle's und Pfeufer's Zeitschrift. N. F. IV. 257.

†) Compt. rend. 47. Bd. 587.

††) Quaedam de effectu quem privatio etc. Marburg 1847.

keln nehmen auch an Gewicht ab, wenn sie bei noch so guter Ernährung lange Zeit in dem verlängerten Zustand verharren, hierbei ist es gleichgiltig, ob dasselbe bedingt war durch Abwesenheit der Nervenerregung, Zerstörung eines Gelenkes u. s. w. Die Umsetzung der Stoffe im Rohr wird damit auch qualitativ geändert, da die verkümmerten Muskeln sehr reich an Fett werden, was jedoch H. Weber bestreitet und Böttcher wenigstens nicht bestätigt.

Die Lückensysteme, welche im Innern des Muskelrohres beobachtet sind, müssen für die Leichtigkeit der Zufuhr vom Muskel zum Blut jedenfalls bedeutungsvoll sein, gleichgiltig, ob die Lücken, wie Böttcher *) will, Ausläufer sogen. Bindegewebskörper sind oder nicht. — Für den Zusammenhang zwischen Muskelernährung und Muskelzusammenziehung sind die Angaben von Gunning **) belangreich. Nach ihm zieht sich in Folge einer gleichzeitigen Nervenerregung mit dem Muskel auch die Wand der Blutgefässe in demselben zusammen, so dass der verkürzte Muskel weniger Blut erhält. Nach beendigter Zusammenziehung des Muskels erschlafft auch gleichzeitig die Gefässwand, so dass nun die Berührung zwischen Blut und Muskel eine ausgedehntere und zugleich der Blutstrom ein rascherer wird. Hiermit stimmt es, dass Cl. Bernard ***) das Blut, welches aus dem zusammengezogenen Muskel kommt, dunkler findet, als das aus dem ruhenden zurückkehrende.

Die Muskeln sind öfter auch im Ganzen analysirt worden †); bei einem Mangel an genügenden Hilfsmitteln, um Bindegewebe, Gefässe, Fett, Muskelröhren, Blut und Muskelsäfte zu scheiden, sind diese Beobachtungen natürlich unvollkommen; für die Physiologie der Muskelernährung sind sie auch noch nicht von Bedeutung geworden; dagegen nehmen sie ihren wahren Platz ein in den Verzeichnissen der Nahrungsmittel. — Das einzige, was vielleicht schon hier bemerkt werden musste, ist die Beobachtung von Schottin, nach welcher das Blutserum eines Thiers 10 pCt. Wasser mehr enthält, als die Muskeln, welche möglichst von Fett und Bindegewebe befreit sind. Damit kommt nun allerdings die Erfahrung von Schlossberger und Bibra nicht überein, wonach die Muskeln junger Thiere um 2 pCt. wasserhaltiger sind, als die der ältern. — Foetale Muskeln sind sehr viel wasserreicher (Schlossberger).

Blutgefässwandungen.

Die anatomischen Eigenschaften der ausgebildeten Gefässwandungen sind auf Seite 105 u. f. dieses Bandes beschrieben.

2. Die chemische Zusammensetzung ††) der Gefässhaut wechselt mit ihrer anatomischen Struktur; je nach dieser bietet sie bald die

*) Virchow's Archiv. XIII. Bd.

**) Archiv für holländ. Beiträge. I. 334.

***) Leçons sur les propriétés des liquides. 1859. l. p. 316.

†) Schlossberger, allgem. u. verg. Thierchemie. I. Bd. Muskelgewebe.

††) Schultze, Liebig's Annalen. 71. Bd. 277. — Lehmann, physiolog. Chemie. 3. Bd. p. 64.

Eigenthümlichkeiten des elastischen oder eines Gemenges aus elastischem, Muskel- und Bindegewebe dar. Die Flüssigkeit, welche die grossen Arterien durchtränkt, reagirt alkalisch und enthält ausser den Bestandtheilen der Fleischflüssigkeit einen eiweissartigen Körper, welcher seiner Reaktionen wegen für Caseïn angesprochen wird (Schulze, Lehmann).

3. Ernährungserscheinungen. Die ersten Anlagen der Gefässe*) bestehen nach Kölliker und Remak aus trüben Strängen, welche sich aus Zellen zusammensetzen, von denen jedesmal mindestens drei auf dem Querschnitt eines Stranges liegen. Die auf der Aussenfläche des Stranges gelegenen Zellen verwachsen, die gegen das Centrum liegenden werden aufgelöst. Die primitive Röhrenwand ist also immer nur aus Zellen zusammengesetzt; ihren spätern Platten, Fasern, Zellen sollen zellige Auflagerungen auf die äussere Fläche der primitiven Wand vorausgehen. Beim Auftreten aller spätern Gefässe im Fötus und Gebornen und namentlich anch derjenigen, welche sich bei der Vernarbung von Wunden u. dgl. bilden, zeigt sich dagegen eine ganz andere Formfolge. Die fertigen Gefässröhren werden nach Remak und J. Meyer da, wo eine Neubildung im Werke ist, verbunden durch sehr feine und solide Faden, welche von einem stumpfen Ende eines bestehenden Gefässes ihren Anfang nehmen; der Faden wird breiter und zugleich erweicht sich sein Inhalt, so dass eine Höhle in ihm entsteht, welche sich in die anfänglich noch viel weiteren Gefässröhren öffnet, und dann sich bis dahin ausweitet, dass ihr Binnenraum Blutkörperchen aufnehmen kann. Schwann und nach ihm Kölliker u. A. beschreiben im Gegensatz zu diesen Erfahrungen an den Orten, wo neue Gefässe auftreten, sternförmig verästelte Zellen; die benachbarten Aeste der Zellen erreichen sich zum Theil und verschmelzen vollkommen, so dass die Höhlungen derselben sich einander öffnen; andere Ausläufer treffen dagegen auf die Wandungen schon fertiger Capillargefässe, mit denen sie verwachsen; an diesen Verwachsungsstellen verschwindet endlich auch die Scheidewand zwischen Zellen und Gefässhöhlen, so dass nun die Blutflüssigkeit aus der letztern in die erstere eindringt und den Binnenraum derselben erweitern kann. Ausser diesen Bildungen, die er sämmtlich gelten lässt, beschreibt Billroth noch zwei andere;

---

*) Kölliker, mikroskopische Anatomie. II. 2. Abtheilg. — Remak, Untersuchungen über Entwickelung der Wirbelthiere. Berlin 1851. 13. — Jos. Meyer, Annalen der Berliner Charité. IV. Bd. p. 41. — Billroth, Untersuchungen über Entwickelung der Blutgefässe. Berlin 1856.

nach der einen sollen reihenweise aneinander gelagerte Zellen an ihren Berühungsstellen verwachsen, die ihre Höhle trennende Scheidewand soll verschwinden und der Inhalt der Zellen sich in Blut umwandeln. Nach der andern verwachsen zwei Reihen spindelförmiger Zellen erst untereinander und dann die eine Reihe mit der andern, jedoch so, dass eine, der Längenrichtung der Reihe parallele Höhlung (also ein Zwischenzellenraum) übrig bleibt. — Die fertigen Capillaren wandeln sich nun unter gewissen Bedingungen in Gefässe höherer Ordnung um, indem sich ihre Höhle ausweitet und ihre Wand durch Auflagerung von elastischem und muskulösem Gewebe verdickt. Dem Anschein nach spielt hierbei der Blutdruck selbst eine Rolle, in der Art, dass wenn derselbe zunimmt, auch die Höhle und Wandung umfänglicher werden. Diese Meinung gründet sich auf die Erfahrung, dass sich die Aeste eines Stammes erweitern, wenn dieser letztere unterbunden wurde, eine Erscheinung, welche bei den Chirurgen unter dem Namen der Entwickelung des Collateralkreislaufes bekannt ist.

Die eiweissartigen Bestandtheile der Gefässwand und wahrscheinlich diejenigen der Muskelzellen setzen sich während des Lebens in andere Atome um, wie dieses aus der Untersuchung der sie durchtränkenden Flüssigkeit hervorgeht. Unter welchen Bedingungen dieser Stoffwechsel steigt und fällt und wie umfangreich er überhaupt ist, wissen wir nicht. Man könnte vermuthen, dass er nicht unbedeutend wäre, wenn man die zahlreichen Capillaren, welche sich in der Wand der grössern Arterien verbreiten, bedenkt. — Die Anwesenheit der vasa vasorum gewährt ausserdem noch Interesse, weil sie zeigt, dass die tunica elastica der grösseren Gefässe die Stoffe, welche zur Muskelernährung nothwendig sind, nicht in genügender Menge durchlässt, obwohl das Blut unter einem hohen Druck in ihnen strömt.

Die Neubildung von Gefässen in Geborenen ist von Bruch, Rokitansky' Wedl *) u. A. abweichend von den gegebenen Mittheilungen dargestellt worden, worüber die untenstehende Literatur und die auf sehr genaue Untersuchungen gestützten Gegenbemerkungen von J. Meyer und Henle nachzusehen sind.

Die Milz.

1. Anatomische Zusammensetzung**). In den Bau der Milz gehen ein: die Kapsel mit ihren Fortsätzen (die sog. Balken), Blut-

*) Bruch, Diagnose der bösartigen Geschwülste. Mainz 1847. — Rokitansky, patholog. Anatomie. I. Bd. Wien 1846. p 271. — Wedl, Zeitschr. d. Wiener Aerzte. IX. Jahrg. I. Bd. 495. — Engel, Zeitschr. d. Wiener Aerzte. IV. Jahrg. I. Bd. 1. — Henle, Jahresbericht für 1851. p. 41.

**) Ecker, Wagner's Handwörterbuch. IV. Bd. 130. — Kölliker, Handbuch der Gewebelehre. 3. Aufl. 1859. 454. — Derselbe, Würzburger Verhandlungen. VII. Bd. — Hlasek, de structura lienis. Dorpat 1852. — Gray, on the structure and use of the spleen. 1854.

und Lymphgefässe, Nerven, die Milzbläschen und das Mark. — Kapsel und Balken sind aus den Elementen des Bindegewebes geformt. Die Kapsel, welche die übrigen anatomischen Bestandtheile der Milz einschliesst, sendet von ihrer innern Fläche zahlreiche Fortsätze aus, die sich vielfach verästeln und sich untereinander verbinden, so dass im Hohlraum der Kapsel ein Netzwerk mit weitern und engern Maschen entsteht. — Die Blutgefässe stülpen an ihren Eintrittsstellen die Kapselwand in den Hohlraum, oder mit andern Worten, sie überziehen sich mit einer Scheide, welche letztere die grossen Stämme der Venen und Arterien nebst Lymphgefässen und Nerven umkleidet, und schliesslich, indem sie den feinen Arterienzweigen folgt, mit eingeht in das Balkenwerk der Milz. Die Arterien zerfallen nach ihrem Eintritt in den Milzraum sehr rasch und vertheilen sich schliesslich, ohne dass ihre Aeste vorher communiziren in Capillaren. Diese letztern gehen zum Theil in die Kapsel, zum Theil auf und in die Milzbläschen (Kölliker, Gray) und die übrigen endlich unter Verlust ihrer selbsständigen Wandungen in die Räume, welche zwischen der zu Häufchen geballten Pulpa verbleiben (Gray). Die Venen entspringen theils aus den Capillaren der Kapsel, theils sammeln sie sich in reichlichen Netzen auf der Oberfläche der Milzbläschen und endlich gehen auch feine Aeste aus den Räumen hervor, in welche die Pulpa eingelagert ist (Hlasek, Gray). Mit Rücksicht auf die letzteren Gefässe wäre es erlaubt, die von den Balken umschlossenen Räume als sehr erweiterte Gefässhöhlen anzusehen, die mit Milzmark gefüllt und mit feinen Ein- und Ausmündungen von Gefässen begabt wären.

Die Wandungen der Blutgefässe sind im Allgemeinen dünn; auf ihrer innern Fläche mit einer Oberhaut aus Spindelzellen bekleidet und in ihrer Media mit Muskelzellen versehen. — Die grössern Lymphgetässstämme folgen den Blutgefässen; über ihre Anfänge steht nur so viel fest, dass ein Theil derselben aus dem Mark und ein anderer von der Milzoberfläche sich sammelt. — Die Nerven, zum kleinsten Theil aus doppeltrandigen Röhren, zum grössten aus Remak'schen Fasern zusammengesetzt, folgen den Arterien, an deren feinsten Zweigen sie noch aufzufinden sind; wie und wo sie enden, ist noch aufzudecken. — Die Milzbläschen sind kleine kugelartige Kapseln, welche vorzugsweise von Lymphkörperchen, freien Kernen und einer geringen Menge von Flüssigkeit ausgefüllt sind, zwischen denen sich ein Capillarnetz aus Blutgefässen ausbreitet; dieses zieht seinen Ursprung aus einem be-

sondern kleinen Arterienästchen, welches die Kapsel des Bläschens durchbohrt. Das Blut sammelt sich dann wieder in dem schon oben erwähnten Venennetz. Die Milzbläschen, welche ihre Lagerungsstätte in den Scheiden an den Aesten der Arterienpinsel haben, sollen ihren Hohlraum in die Lymphgefässe öffnen. Diese Annahme, welche aus ihrem, den Lymphdrüsen analogen Bau hervorgegangen ist, würde, wie es scheint, bewiesen sein, wenn sich die Beobachtung von Gerlach bestätigte, welcher die in ihre Arterien injizirte Leimmasse in die Lymphgefässe übergehen sah, wenn die ersteren in Folge des Injektionsdruckes gerissen waren. — Das Mark, welches mit vorsichtiger Vermeidung der Milzbläschen herausgenommen wurde, enthält ausser Gefässen und Bälkchen: die Deckzellen der Gefässwand, Lymphkörperchen, freie Kerne (?), kleinere und grössere farblose Zellen entweder mit einem und mehr Kernen oder auch nur mit Körnchen im Inhalt, in reichlicher Menge sehr feinen Molekularstaub; ausser den bis dahin aufgezählten farblosen Formbestandtheilen kommen noch vor: reichlich rothe Blutscheibe, unregelmässig geformte, an umgewandelte Blutkörperchen erinnernde Zellen, bräunliche und rothbräunliche, einzeln oder geballt liegende Körnchen von sehr ungleicher Grösse entweder frei oder in Zellen eingeschlossen, und endlich auch zuweilen bei Menschen Blutkörperchen haltende Zellen. Ob die Hülle, welche ein solches Häufchen von Blutkörperchen umgiebt, eine wohlorganisirte Zellenhaut, oder nur ein verbindendes Faserstoffgerinnsel ist, lassen einige Anatomen dahingestellt sein.

In dem Mark einiger sehr junger Thiere fand Kölliker noch kleine, gelbliche, den Blutkörperchen sehr ähnlich geformte Zellen, dann fein granulirte Zellen mit 4 bis 10 Kernen und bisquitförmige Zellen mit zwei Kernen.

Die farblosen Gestalten machen meist und namentlich in wohlgenährten Thieren die Hälfte bis bei zwei Dritttheile des Milzgewebes aus (Gray). Wenn, wie es in solchen Fällen meist vorkommt, zugleich das Gesammtgewicht der Milz gewachsen ist, so kann daraus ohne Weiteres auf eine Vermehrung der farblosen Gebilde geschlossen werden. Im hungernden Thier nimmt mit dem Milzgewicht zugleich die Verhältnisszahl der farblosen zu den farbigen ab (Gray).

2. Chemische Zusammensetzung*). Die Zusammensetzung des Milzblutes ist schon S. 33 abgehandelt; dort wurde auch auf den

*) Scherer, Würzburger Verhandlungen. Bd. II. 208. — Gray, on the structure etc. 1854. — Oidtmann, die anorganischen Bestandtheile der Leber und Milz. Linnich 1858. — Gorup, Liebig's Annalen. 98. Bd. 1. — Cloetta, ibid. 99. Bd. — Frerichs und Staedeler, Verhandlungen der naturf. Gesellschaft in Zürich. IV. Bd.

Einfluss des Blutstroms auf die Zusammensetzung hingewiesen. — Das Milzmark, wie es der Chemiker untersucht, stellt ein Gemenge aus Blutgefässwandungen, Balken, dem Inhalt der Blut-, der Lymphgefässe und der Milzbläschen und endlich aus Pulpa im anatomischen Sinne dar. Diesem entsprechend kann es nur von Belang sein, ob in ihm ausser den bekannten Bestandtheilen des Blutes u. s. w. noch andere, der Lymphe, dem Blut u. s. w. gar nicht, oder wenigstens nicht in solcher Menge zukommende Stoffe enthalten sind. In der That wurden als solche aufgefunden: Inosit (Cloetta), Milch-, Butter-, Essig-, Ameisen-, Harnsäure, Sarcin (Scherer), Leucin (Frerichs und Staedeler), ein Homologon des Leucins (Gorup), einige andere noch unbestimmbare stickstoffhaltige Krystalle (Cloetta), Cholestearin, ein eisenreicher eiweissartiger Körper (Scherer), mancherlei Farbstoffe. — Die Milzasche fand Oidtmann in 100 Theilen bestehend aus:

	Mann.	Weib.	Neugeborner.
Cl	0,55	1,31	33,03
PhO_5	27,11	18,87	9,53
SO_3	2,54	1,43	0,50
SiO_3	0,07	0,72	0,95
KO	9,19	17,41	43,87
NaO	43,30	35,12	
CaO	7,50	7,26	3,35
MgO	0,39	1,02	0,20
Fe_2O_3	7,27	16,20	—
MgO	0,08	0,04	—
CuO	0,01	0,40	—
PbO	—	0,03	—

Bemerkenswerth ist der geringe Gehalt an Cl und der grosse an Phosphorsäure und Eisenoxyd. Dieses Verhalten geht auch aus einer schon früher angestellten Analyse von Gray hervor, welche insofern abweicht, als sie mehr Kali als Natron findet.

Ueber quantitative Bestimmungen des Wassers, der Extrakte, der Eiweisskörper, des Aschegehaltes der frischen Milz siehe Gray und zum Theil Oidtmann.

In den Milzbläschen beobachteten Virchow*) und Meckel einen Stoff, welcher nach Zusatz von Schwefelsäure und Jod hellroth oder blassblau, nach Zusatz von Schwefelsäure und Jod schön blau, ähnlich wie die Stärke, gefärbt wird; er wider-

*) Virchow, Archiv f. patholog. Anat. VI. Bd. p. 135. 268. 416. — Luschka, ibid. 271. — Donders, Nederland. Lancet. 1853. p. 278. — H. Meckel, Annalen der Berliner Charité. IV. p. 264.

steht der Fäulniss viel längere Zeit, als die meisten eiweissartigen Körper, und ist in Aether unlöslich (Naegeli). Dieser Körper, den man für Cholestearin oder einen stärkeartigen Stoff ansah, ist von Kekulé durch die Elementaranalyse in die Eiweissreihe gewiesen worden.

Die Milzlymphe unterscheidet sich, so weit bekannt, dadurch von anderer, dass sie häufiger, und zwar ebensowohl während der Verdauungsperiode (Tiedemann, Gmelin), als auch während des Hungers (H. Nasse) Blutkörperchen enthält.

3. Der Blutstrom in der Milz*). Das Strombett des Milzblutes ändert sich mit der Erregung, welche die Muskelnerven in der Milz trifft; denn unter der Voraussetzung, dass der Blutstrom unverändert vor sich geht, zieht sich die Milz nach Reizung ihrer Nerven zusammen und nach Durchschneidung vergrössert sie sich (Jaschkowiz). Die Zusammenziehungen geschehen jedoch so allmählig, dass die Zunahmen der Geschwindigkeit, welche das Blut durch die Muskelbewegung als solche erfährt, kaum in Betracht kommen können. — Ausser der hierdurch gebotenen Veränderung in der Spannung und Geschwindigkeit des Blutstroms wird auch eine solche eintreten je nach der Gestaltung der Widerstände in den Capillargefässen des Magens, Darms und des Pankreas. Denn das Blut, welches aus allgemeinen im Kreislauf überhaupt gelegenen Gründen in die Arteria coeliaca eindringt, muss durch die Capillaren der Milz und der so eben genannten Organe abfliessen. Es wird sich also die Spannung und Geschwindigkeit des Blutes und damit der Umfang der Milz mehren, wenn die Durchgängigkeit der andern aus der A. coeliaca hervorgegangenen Capillaren verringert ist, während sich im umgekehrten Falle die Milz verkleinern wird. — Diese Bemerkung verdient deshalb eine Berücksichtigung, weil die Milz in den Verdauungszeiten Veränderungen ihres Volums zeigt; bliebe der Erregungszustand der Milznerven, also die Widerstandsfähigkeit der Milz sich gleich, so müsste sie während der gesteigerten Absonderung des Magensaftes und Bauchspeichels zusammenfallen, denn zu dieser Zeit sind die kleinen Arterien, resp. die Capillaren am Magen und Pankreas erweitert; nach dem Verfluss der genannten Zeit müsste sie dagegen schwellen. Ob und in wie weit diese Bedingung den Umfangsveränderungen der Milz zu Grunde liegt, ist unbekannt. — Die in die Milz wirklich eintretende Blutmenge vertheilt sich auf ihre drei verschiedenen Capillar-

---

*) Müller's Handbuch der Physiologie. 4. Auflage. 488. — Jas hkowitz, Virchow's Archiv. XI. Bd. 235. — L. Fick, Archiv für Phys. 1859.

systeme. Gehen immer dieselben Bruchtheile des Blutes durch jedes der drei Gefässarten? — Höchst eigenthümlich muss der Strom in den Lücken der Pulpa sein, insofern er hier wirklich ohne besondere Wände verläuft; denn dann werden Blut- und Lymphkörperchen des Blutsstroms hängen bleiben und dafür Zellen des Markes ausgespült werden. Darauf deuten nun allerdings die Erfahrungen, dass in dem Milzaderblut Formbestandtheile der Pulpa vorkommen. Je nach der Form der Lücken und dem Gehalt des Blutes an aufgeschwemmten Theilen müssen verschiedene Mengen der letzten hängen bleiben, wodurch ebenfalls eine Schwellung des ganzen Organs möglich wäre, ebenso wie nach Ausschwemmung der Pulpa in die Arterien und einer davon abhängigen Wegräumung der Stromhindernisse die Milz zusammenfallen müsste.

4. Stoffbewegungen im Milzparenchym.

a) Der Inhalt der Bläschen ist unzweifelhaft in einer chemischen Bewegung, veränderlich nach Art und Grösse, begriffen. Bei Thieren findet man dieselben nemlich bald prall und bald nur wenig gefüllt. Gray fand sie bei Thieren zuweilen so ausgedehnt, dass sie nach ungefährer Schätzung ein Viertel des Milzvolums einnahmen; in andern Fällen sind sie kaum oder gar nicht mit blossem Auge sichtbar; ihr Volum beträgt dann kaum die Hälfte von dem eben erwähnten. Dieser Unterschied stellt sich nach Ecker auch dann noch heraus, wenn man die Gefässe, welche aus dem Hilus der Milz austreten, nach dem Tode sogleich unterbunden hat. Da sich der Inhalt der Bläschen immer rasch minderte, wenn diese Vorsichtsmaassregel unterlassen wurde, so sind nur die Beobachtungen brauchbar, bei welchen die Grösse der Bläschen unter ähnlichen Bedingungen mit einander verglichen wurde. Unter die Umstände, welche den Bläschenumfang verändern, zählt Gray 1) den allgemeinen Ernährungszustand des Körpers; je günstiger derselbe, um so grösser sind sie. Bei abgemagerten Thieren werden sie dem blossen Auge unsichtbar. Ecker fand im Gegentheil bei hungernden Katzen die Bläschen auffallend deutlich. — 2) Die Art des Futters; bei einer Nahrung aus Fett und Fleisch, Milch und Brod, gekochtem Eiweiss waren die Körperchen gross und bei reichlichem Wassergenuss (eingeweichtem Brod) zerfliesslich. Klein waren sie dagegen nach Genuss von trockenem Brod, Fett und Gelatine oder Faserstoff. Die Grösse und Zerfliesslichkeit der Bläschen nach reichlichem Wassergenuss behauptet auch Spring. — 3) Die Verdauungsperiode; einige Stunden nach vollendeter Magen-

verdauung (15 Stunden nach eingenommener Nahrung) sollen sie am geschwollensten sein Dieses gilt jedoch nur für gut ernährte Thiere; bei bedeutend abgemagerten zeigt sich kein Einfluss der Verdauungszeit. — Auf eine Verschiedenartigkeit des chemischen Umsatzes weist die wechselnde Consistenz und Färbung des Bläscheninhaltes hin; Ecker und Giesker fanden ihn zuweilen zu einem Klümpchen geronnen, Spring und Ecker zuweilen röthlich oder gelb, während er von den übrigen Beobachtern als farblos angegeben wird. In menschlichen Leichen ist das Milzbläschen gewöhnlich nur dann deutlich sichtbar, wenn der Tod plötzlich oder während der Verdauung erfolgte (v. Hessling); seine häufige Abwesenheit erklärt sich entweder aus einer rasch eintretenden Fäulniss, oder aus der dem Tod vorangegangenen Abmagerung.

b) Das Mark der Milz im engern Sinne scheint ein Ort zu sein, in welchem für gewöhnlich eine Neubildung und unter Umständen auch eine Zerstörung von Blutkörperchen angebahnt und vollendet wird. Für die Neubildung spricht (nach Gerlach, O. Funke u. A.) die reichliche Anwesenheit farbloser Zellen im Milzvenenblut. Bedenken gegen diesen Grund wurden schon bei der Zusammensetzung des Milzbluts erwähnt. — Ferner enthält das Milzmark alle möglichen Formübergänge von den farblosen zu den rothen Körperchen, und endlich spricht für eine Zellenneubildung auch das ausserordentliche Uebergewicht der farblosen Blutzellen und das Zurücktreten der farbigen, welches nach Virchow mit einer eigenthümlichen Krankheit der Milz, dem Tumor derselben, Hand in Hand geht. In der That ist nach den Beobachtungen unseres berühmten Pathologen das Missverhältniss beider Blutzellenarten so gross, dass das Blut statt der normalen rothen eine weisse Farbe annimmt. — Für die Zerstörung der Blutkörperchen in der Milz führen Ecker und Kölliker die häufig gefundenen verschrumpften Körperchen, die Pigmenthäufchen und die reichliche Anwesenheit eines eisenhaltigen Aschenbestandtheils an. Beide Behauptungen könnten in der That bei den Eigenthümlichkeiten des Blutstroms in der Milz und der Bildung des Milzmarkes, das einer Lymphdrüse nicht ganz unähnlich ist, wohl neben einander bestehen.

c) Milz im Ganzen. Ueber die Bedingungen und den Ort der eigenthümlichen chem. Umsetzungen in der Milz, von deren Gegenwart Scherer, Cloetta, Frerichs und Staedeler Zeugniss ablegen, ist man ganz im Unklaren. Da das Blut, welches aus der an Milchsäure reichen Milz zurückkehrt, alkalisch reagirt, so

kann wenigstens mit Bestimmtheit behauptet werden, dass diese Säure entweder in den Zellen des Marks oder in der Flüssigkeit des Balkengewebes entsteht.

d) Die ganze Milz eines wohlgefütterten (nicht aber des magern) Thieres soll nach Gray 10 bis 15, nach Schönfeld*) aber 5 Stunden nach der letzten Fütterung am schwersten sein. Dass diese Schwellung, welche durch Wägen der ausgeschnittenen Milz ermittelt wurde, nicht von einem Mehrgehalt an Blut überhaupt herrühre, scheint sich aus dem geringen Cl-Gehalt der Milzasche zu ergeben.

e) Verglichen mit dem Körpergewicht, nimmt sie vom Neugebornen (1 : 350) bis zum Erwachsenen (1 : 320 bis 400) nicht wesentlich zu oder ab, im höheren Alter soll sie relativ klein werden (1 : 700) (Gray).

Die Ausschneidung der ganzen Milz erzeugt keine merklichen Folgen, wie schon im Alterthum Plinius wusste und in neuerer Zeit Czermak, Quittenbaum, Bardeleben u. A. genauer beobachteten. Die Erfahrung, dass nach dieser Operation die weissen Blutkörperchen sich mehren und die Lymphdrüsen anschwellen, ist nicht constant. Bemerkenswerth scheint es, dass die Thiere die Operation schwieriger überstehen, wenn ihnen vorher die Schilddrüse genommen war. Siehe noch Thymus.

Die Literatur giebt Simon**). — Ueber eigenthümliche Folgen der Milzexstirpation bei Fröschen, welche Gerlach und Eberhard ausführten, siehe den letzteren.

Thymus.

1. Ein Gerüst ***) aus Bindegewebssträngen fasst zahlreiche, ringsum abgeschlossene Säckchen in sich. In dem Gerüst verlaufen Nerven, Lymph- und Blutgefässe; der Hohlraum der Säckchen ist gefüllt mit einem Capillarnetz von Blutgefässen, in dessen Zwischenräumen neben wenig Flüssigkeit Fettmoleküle, freie Kerne oder Kernzellen und conzentrisch geschichtete kugelige Körper gelegen sind. In den um die grössern Gewebe liegenden Bindegewebssträngen sind nicht immer, aber doch häufig grosse canalartige Lücken enthalten, die entweder nur den, die beiden Drüsen-

*) Meissner's Jahresbericht für 1856. p. 235.

**) Die Exstirpation der Milz am Menschen. Giessen 1857. — Eberhard, Beiträge zur Morphol. und Funkt. d. Milz. Erlangen 1855.

***) Kölliker, Handbuch der Gewebelehre. 3. Aufl. 1859. p. 488. — Jendrassik, Wiener akad. Sitzungsberichte. XXII. 76. — Ecker, Handwörterb. d. Physiologie. IV. Bd. — Berlin, Archiv für Holländ. Beiträge. 1857. 1. Bd. 232.

hälften verbindenden Bindegewebsstrang, oder auch die seitlichen Bindegewebsäste aushöhlen. In diesen sog. Central- und Nebenhöhlen, die weder durch eine eigene Haut, noch durch ein Epithelium abgegrenzt sind, kommen dieselben Elementartheile wie in den Bläschen vor (Simon, Ecker, Kölliker, Jendrassik). Die Nerven stammen nach Durchschneidungsversuchen aus dem Ganglion cervicale infim. und thorac. I. (Friedleben).

Restelli und nach ihm Friedleben fanden in dem Blut der vena thymica die Kerne aus dem Inhalt der Thymussäckchen. Daraus würde zu schliessen sein, dass die Gefässhöhlen mit denen der Säckchen in offener Verbindung standen.

2. Ausser dem Collagen *), Elastin u. s. w. des Gerüstes und der Gefässe, den Eiweisskörpern und Fetten des Bläscheninhaltes wurde gefunden Ammoniak, Leucin (Frerichs und Staedeler), Hypoxanthin, Bernstein-, Milch-, Essig-, Ameisensäure (Gorup), Zucker (Friedleben). — Die lösliche Asche enthält vorzugswesie Kali, weniger Natron, Basen, die meist an PhO_5, zum geringern Theile an Cl und nur in sehr kleinen Mengen an SO_3 gebunden sind (Staedeler und Frerichs, Gorup). Friedleben fand in 100 Theilen der gesammten Asche

	KO	NaO	CaO	MgO	Cl	PhO_5	SO_3
Kalb von 3 Wochen	32,8	16,6	10,4	4,3	5,4	30,0	0,6
Rind von 12 Monaten	32,3	23,7	6,7	2,4	2,0	32,4	0,6

Die ganz frische Thymus reagirt nach Staedeler und Frerichs neutral; später reagirt sie sauer; dieser Widerspruch lösst sich vielleicht dadurch, dass der Zucker der Thymus in Milchsäuregährung übergeht. — Die Ausstellungen, welche Friedleben an den Beobachtungen von Staedeler, Frerichs und Gorup macht, sind unverständlich; selbst durch Kochen mit Kali konnte er aus der Drüse keine Ak erhalten; eben so wenig fand er Leucin, dessen Entstehung er durch Fäulniss eines alkoholischen Auszugs erklärt u. s. w. — Quantitative Analysen der gesammten Thymus geben Morin, Dowler, Miller, Friedleben, die bei dem letzten nachzusehen. Derselbe handelt auch über die Aenderung der Asche mit dem Alter.

3. Ernährungserscheinungen. Ihre Elementarformen entstehen auf die dem Bindegewebe, den Gefässen und den Zellen eigene Weise; über die Formfolge der geschichteten Körper ist man im Unklaren. Nach der Geburt mehren sich anfänglich noch die Bälge und ihr Inhalt, etwa bis zum zweiten Jahr, von da wächst zwar die Thymus noch bis zur vollendeten Pubertät, aber es mindert sich die Füllung der Bälge und es tritt statt ihrer mehr Bindegewebe auf, so dass trotz zunehmender Länge das absolute Ge-

*) Friedleben, Die Physiologie d. Thymusdrüse. Frankfurt 1858. — Frerichs und Staedeler, Züricher Mittheilungen. IV. Bd. 1855. — Gorup, Liebig's Annalen. 98. Bd.

wicht namentlich zwischen dem 15. bis 25. Jahre sehr abnimmt (Friedleben). Nach vollendetem Wachsthum des Gesammtkörpers schwindet sie vollständig, indem ihr Gewebe derber, fetter und bindegewebsreicher wird, die Arterien obliteriren und die Nerven in fettige Umwandlung eingehen. — In wohlgenährten Thieren sind Kapseln der Thymus gespannter und reicher an Zellen. — Das in's Blut übergeführte Ferrocyankalium soll nicht in der Drüse zu finden sein (Haugsted). — Um ihren Eingriff in das Gesammtleben der Thiere zu finden, hat man die Thymus exstirpirt (Restelli, Friedleben). Diese Versuche bestätigen das Ergebniss einiger zufälliger Beobachtungen an Menschen, welchen die Thymus fehlte, ohne dass ihr Mangel während des Lebens bemerklich gewesen wäre (Bischoff, Friedleben).

Ins Genauere suchte Friedleben zu dringen, indem er an Thieren, deren Thymus allein oder Thymus und Milz exstirpirt war, die Menge des ausgeschiedenen CO_2, des Harnstoffs, die Temperatur, Blutzusammensetzung u. s. w bestimmte, worüber bei diesem Autor nachzusehen.

Die physiologischen Nachrichten über die Nebenniere und die Thyreoidea lauten noch sehr unbefriedigend. Die Structur und das Wenige, was über ihre Zusammensetzung bekannt ist, geben die Lehrbücher der mikroskopischen Anatomie.

Leber.

Der anatomische Bau*) der Leber ist vorzugsweise aufgehellt durch die Untersuchungen von Kiernan, E. H. Weber, Schröder v. d. Kolk, Henle, Kölliker und Beale. In die Leber strömt das Blut durch den Stamm der vena portarum, durch eine kleine gesonderte Vene, welche aus Zweigen der pyloricae und pancreaticae entspringt, neben dem Gallengang herläuft und endlich in die Pfortader übergeht (Devalez) und durch die Arteria hepatica. Alles dieses Blut wird durch die vena hepatica ausgeführt. — Das durch die Venen eingehende Blut vertheilt sich ohne Ausnahme sogleich in das Capillarsystem der Leberinseln, oder anders ausgedrückt in dasjenige, welches die Anfänge der gallenbereitenden Wandungen umfasst; es gelangt hierhin auf die Weise, dass sich die vena portarum und ihre Aeste zunächst baumförmig verzweigen und schliesslich in kleine bogenförmig auseinander

*) Kölliker, Handbuch der Gewebelehre. 3. Aufl. 1859. p. 435. — H. E. Weber, Zusätze zu seinen Untersuchungen. Leipziger Berichte; mathemat.-physische Klasse. 1849. p. 151. — Derselbe, ibid. 1850. p. 15. — Gerlach, Handbuch der Gewebelehre. Mainz 1849. — Beale, Philosophical Transactions. 1856. I. Bd. — Virchow, dessen Archiv. XI. 574.

laufende Aestchen enden; mehrere solche Aestchen (die Ring- oder Zwischenlappenvenen), welche in ein und derselben Ebene liegen, umschliessen einen Raum, die Leberinseln, welcher von engmaschigen Capillarnetzen durchzogen wird, die aus den Ringvenen hervorgehen. In der Mitte eines solchen Raumes sammeln sich dann wieder ziemlich plötzlich die feinen Lumina zu einem grössern, der Mittelvene (vena centralis), welche nach der vollbrachten Verbindung mit den benachbarten als vena hepatica auf dem kürzesten Wege gegen den Ort der vena cava zu dringen sucht, wo sie sich mit dem Zwerchfell kreuzt. — Die Art. hepatica geht zum Theil mit seinen Aestchen, welche der vena portarum bis zu den Ringvenen folgen, geradezu in das Gefässnetz der Leberinseln über, zum Theil versorgt sie, ehe sie ihr Blut dorthin schickt, vorerst die Wandung der Gallen- und Blutgefässe, die Kapsel und den serösen Ueberzug der Leber. Das auf diese Weise in Capillaren übergeführte Blut sammelt sich, und zwar theilweise durch eigene Venen, in der vena portarum, um dann durch die Capillaren der Leberinseln zu den Mittelvenen zu gelangen.

Die Lücken, welche zwischen den Capillaren der Leberinseln übrig bleiben, werden ausgefüllt durch ein anderes netzförmig verbundenes Höhlensystem, das umschlossen wird von einer strukturlosen Haut, die meist untrennbar mit der der Blutcapillarenwand verwachsen ist und die nur an den Umgrenzungen der Insel gesondert dargestellt werden kann. Der Hohlraum dieses Anfangnetzes der Gallengänge ist ausgefüllt mit den Leberzellen, grossen kernhaltigen, von Flüssigkeit strotzenden Zellen. Wenn diese ebengeschilderten netzförmigen Gänge gegen die Umgrenzung der Leberinseln gekommen sind, so lagert sich auf ihrer nun selbstständig gewordenen, bis dahin strukturlosen Haut eine Epithelialschicht ab; da, wo dieses geschieht, verengert sich ihr Hohlraum sehr beträchtlich und zugleich verschwinden aus ihm die Leberzellen. Da man die letztern als die Stätte ansehen muss, in welcher die Galle bereitet wird, so unterscheidet man die Gänge innerhalb der Leberinseln als gallenbereitende von den gallenausführenden, ausserhalb der Inseln verlaufenden. Die ausführenden, ursprünglich sehr engen, neben den Ringvenen gelegenen Gallengänge vereinigen sich, indem sie immer neben den Pfortaderästen laufen, zu grössern; in die Wandung der letztern lagert sich zu den vorhergehenden Bestandtheilen ein streifiges Bindegewebe, elastische Fasern, einzelne muskulöse Faserzellen, und endlich ist die innere Fläche statt des

frühern mit einem deutlichen Cylinderepithelium überzogen. In ähnlicher Weise ist auch die Wand der Gallenblase gebaut, mit dem Unterschied jedoch, dass die Muskelmassen eine vollkommene Haut um die Gallenblase bilden, und dass ihr Epithelium dem der Darmschleimhaut gleicht.

In die grössern Ausführungsgänge [die Gallenblase mit eingerechnet? —) münden noch andere Oeffnungen, die theils in kleine traubenförmige Drüschen (Schleimdrüsen), theils in längere netzförmig verbundene cylindrische Kanäle (abortive Zellengänge) führen.

Aus der Leber, und zwar an der Oberfläche sowohl als aus der Porta, treten zahlreiche Lymphgefässe hervor.

In die Leber gelangen aus dem plex. coeliac. Nervenzweige, die nach angestellten Vivisectionen zunächst aus dem n. splanchnicus und in letzter Instanz vom Boden der vierten Hirnhöhle kommen und in die Gefässe der Leber eingehen (Cl. Bernard, Graefe, Hensen).

2. Chemischer Bau der Leber. Das Gerüst der Leber, insbesondere die Häute der Blut- und Gallengefässe, besteht aus den gewöhnlichen Stoffen dieser Formelemente. Die Flüssigkeit, welche aus der zerquetzschten Leber erhalten wird, ist ein Gemenge des Inhaltes der Blutgefässe, der Leberzellen, Lymphgefässe und Schleimdrüsen. Ausser den zu erwartenden Bestandtheilen jener Flüssigkeiten kann der Lebersaft noch enthalten: a) Einen wahrscheinlich eiweissartigen Fermentkörper, welcher Amylon in Zucker umwandelt (Bernard, Hensen). Nach einer längern Entziehung von Nahrung scheint das Ferment zu schwinden. — b) Einen dem Amylon ähnlichen, in Wasser löslichen Stoff (Bernard)*). Nach Kekulé*) hat er die Zusammensetzung $C_{12}H_{10}O_{10}$, nach E. Pelouze $C_{12}H_{12}O_{12}$. Derselbe verwandelt sich durch kochende Mineralsäuren und durch das Ferment der Leber, des Bluts, des Kopf- und Bauchspeichels in Zucker um. Der Gehalt der Leber an diesem Stoff steht in Beziehung zu dem allgemeinen Ernährungsstand des Thiers, und namentlich wächst er mit demselben; gleichgiltig ob derselbe mittelst eines von Zucker und Amylon befreiten oder damit behafteten Futters erzeugt wurde, er scheint jedoch im letzteren Falle reichlicher vorhanden zu sein. Die Menge des Amylons nimmt dagegen um so mehr ab, je rascher seine Umwandlung in Zucker erfolgt. — c) Einen in Wasser unlöslichen, Zucker bildenden Stoff

*) Cl. Bernard, Leçons sur les propriétés des fluides. 1859. II. p. 89 ff.

**) Chemisches Centralblatt. 1858. p. 300.

von unbekannten Eigenschaften. Auf seine Anwesenheit schliesst Hensen *) aus der Beobachtung, dass auch solche Lebern mit Ferment oder Salzsäure behandelt Zucker geben, aus welchen durch Wasser weder Zucker noch Amylon ausgezogen werden kann.

Nach Schiff **) soll bei Fröschen der Zucker gebende Stoff als Körnchen in den Leberzellen zu finden sein.

d) Traubenzucker ***). Ueber seine Menge im Lebergewebe giebt ausser der Zerlegung dieses letzteren auch noch der Zuckergehalt des Leberblutes und des Harns Aufschluss, vorausgesetzt, dass man im ersten Falle weiss, wie viel Zucker die Pfortader führte, und im zweiten Falle nachweisen kann, dass der Harnzucker nur aus der Leber entsprungen ist. — 1) Ein gesundes Individuum, das hinreichende Nahrung erhält, gleichgiltig, ob die letztere aus Fleisch allein oder neben diesem auch aus Amylaceen besteht, hat eine zuckerhaltige Leber. Wird die Fütterung unvollständig, so kann der Zuckerreichthum der Leber gleich bleiben, sich mindern oder auch ganz verschwinden. Das letztere kann eintreten, wenn man den Thieren alles Futter entzieht, so dass sie auf ihr eigenes Fleisch und Blut angewiesen sind. In den ersten Tagen der Hungerzeit findet sich jedoch immer noch Zucker, so dass erst in einem spätern Zeitpunkt, der dem vollkommenen Hungertode sich jedoch bis auf Stunden nähern kann, der Zucker vollständig verschwindet (Bernard, Stokvis). Füttert man ausschliesslich mit Wasser und Leim oder Wasser und Amylon, so sinkt der Zucker kaum unter die Normalmenge; durch alleinige Nahrung von Fett und Wasser sinkt der Zucker beträchtlich. — 2) Einige Stunden nach einer reichlichen Mahlzeit steht der Zuckergehalt der Leber am höchsten (Bernard). — 3) Nach einer punktförmigen Verletzung in der Mittelfurche der vierten Hirnhöhle zwischen dem Ursprung des n. acusticus und n. vagus, selbst wenn vorgängig der n. vagus am Hals durchschnitten wurde, mehrt sich der Zuckergehalt (Cl. Bernard). Dasselbe geschieht nach Durchschneidung der n. splanchnici (Graefe, Hensen). In beiden Fällen sind die Gefässe der Unterleibshöhle erweitert. — 4) Wenn bei Fröschen das Rückenmark gereizt wird, so wird der Harn

*) Virchow's Archiv. XI. Bd. 396.

**) Schiff in Meissner's Jahresbericht für 1857. p. 258.

***) Cl. Bernard, Leçons de physiologie. 1854—1855. Paris 1855. — Moos, Pharmaz. Centralblatt. 1858. 273. — Stokvis, Wiener med. Wochenschrift. 1857. 235. — Sanson, Journal de la physiologie par Brown-Séquard. 1. Bd. p. 244. — Derselbe, Poggiale etc. ibidem 549.

zuckerhaltig, eine Erscheinung, welche ausbleibt, wenn vorgängig die Blutgefässe der Leber unterbunden waren (Schiff, Moos). — 5) Nach der Durchschneidung des Rückenmarks unterhalb der Halsanschwellung verschwindet der Zucker, aber das Amyloid ist noch nachweisbar. Da die Temperatur des Säugethieres nach dieser Operation sehr beträchtlich (auf 24 °C.) herabsinkt, so war Bernard geneigt, den Grund für die Abwesenheit des Zuckers darin zu finden, dass die Temperatur nicht genügt, um eine reichliche Umwandlung des Glycogens in Zucker unter dem Einfluss der Gährung zu ermöglichen. Dieser Erklärung widerspricht die Erfahrung, dass in der todten Säugethierleber auch noch bei einer viel niedrigeren Temperatur die Umsetzung vor sich geht und dass ein gleicher Erfolg nach Durchschneidung des Froschrückenmarkes von Moos beobachtet wurde. Nach Durchschneidung des Rückenmarkes über der Halsanschwellung verschwinden Zucker und Amyloid aus der Leber (Bernard). — 6) Nach Durchschneidung des n. vagus am Halse mindert sich der Leberzucker sehr auffallend (Bernard), jedoch nicht immer bis zum vollkommenen Verschwinden, wenn der Tod ungefähr 29 Stunden nach der Verwundung eintrat (Moos). Der letzte Beobachter ist geneigt, die Ursache der Abnahme in dem Allgemeinleiden zu suchen, welches die Durchschneidung mit sich führte. — Durchschneidung der vagus unter der Brusthöhle soll den Leberzucker unverändert lassen; Reizung des centralen Stumpfes eines am Hals durchschnittenen vagus ihn mehren (Bernard). — 7) In fieberhaften Krankheiten verliert sich, vorausgesetzt, dass die Thiere sich der Nahrung enthalten, der Zucker vollkommen. Nehmen die fieberkranken Thiere Futter zu sich, wie dieses z. B. die Pferde thun, so verschwindet zwar der glycogene Stoff aus der Leber, nicht aber der Zucker (Bernard). — 8) Die Leber eines Thieres, das bis zur Todeskälte (18—20 ° C.) abgekühlt ist, verliert den Zucker, behält aber das Amyloid. Wird das Thier wieder erwärmt, so kehrt der Zucker wieder. Ein auf 50—60 ° erwärmtes Thier büsst das Amyloid und den Zucker ein (Bernard). — 9) Zur Zeit der bestehenden Milchabsonderung in den Brüsten soll der Leberzucker nach Moos vermehrt, nach Bernard in Menge unverändert sein. — 10) In dem sog. Diabetes mellitus ist der Zuckergehalt der Leber vermehrt (Bernard, Stokvis). — 11) Der Leberzucker ist reichlicher vorhanden nach Vergiftung mit Curare, vorausgesetzt, dass eine künstliche Athmung eingeleitet wurde (Bernard). Dasselbe geschieht nach Einspritzung von

Aether und verdünnter Ammoniaklösung in die Pfortader (Harley) und nach Einathmung von Aetherdämpfen (Reynoso).

Für die ausgesprochenen Behauptungen stehen die Thatsachen der folgenden Tabelle (wenigstens theilweise) ein:

Beobachtungsgegenstand.	Bemerkungen.	Prozentgehalt an Zucker in dem Lebergewebe.	in der Pfortader.	in der Leberader.	Beobachter.
Mensch.	Plötzl. Tod; nüchtern.	0,79	—	—	Bernard.
„	„ „ im Magen Speisen.	2,14	—	—	Bernard.
„	„ „ 2 Tage nach dem Tode untersucht. Magen leer.	1,1	—	—	Bernard.
„	„ „ Diabet.mell.	2,3	—	—	Bernard.
„	„ „ Diabet.mell. Magen voll Speisen. 40 Stund. nach dem Tode untersucht.	1,79	—	—	Stokvis.
„	„ „ Verdauungszeit.	1,55	—	—	Stokvis.
Hund.	1. Fleischnahrung.	1,9			Cl.Bernard
In diesen Beobachtungen wurden die Thiere gleich nach der Fütterung getödtet.	2. „ „	1,4			Cl.Bernard
	3. Brod und Fleisch.	1,7			Cl.Bernard
	4. „ „ „	1,3			Cl.Bernard
	5. „ „ „	1,3			Cl.Bernard
	6. Drei Tage nur mit Mehl und Zucker.	1,9			Cl.Bernard
	7. Sechs Tage allein mit Mehl.	1,5			Cl.Bernard
Hund.	8. Nahrung aus ungesalz. Speck.	0,9			Cl.Bernard
„	9 „ aus Schweineschmalz.	0,6			Cl.Bernard
„	10. „ aus Leim.	1,33			Cl.Bernard
„	11. „ aus Hammelsfüssenfett.	1,65			Cl.Bernard
„	12. „ Mehl.	1,25			Cl.Bernard
„	13. Kartoffeln, Amylon, Zucker.	1,88			Cl.Bernard
„	8 tägiger Hunger.	0			Stokvis.
„	Nach 8 tägig. Hunger Fleisch.	1,3			Stokvis.
Kaninchen.	—	2,17			Stokvis.
„	—	2,70			Stokvis.

Nach Moos gaben 500 Gr. Kaninchen normal 0,7 Gr. Zucker, milchgebend 2,3 Gr., nach Vagus Durchschnitt (Tod nach 23 Stunden) im Mittel 0,1 Gr.— 500 Gr. Hund unter den letzten Bedingungen (Tod nach 29,75 Stunden) 0,09 Gr. Zucker.

e) Inosit (Cloetta)*). — f) Milchsäure (v. Bibra)**). — g) h) i) Olein, Margarin (Stearin und Palmitin), Chole-

*) Liebig's Annalen. 99. Bd. 289.

**) v. Bibra, Chemische Fragmente über Leber und Galle. Braunschw. 1849.

stearin. Der Gehalt der Leber an Fetten kann sehr veränderlich sein. In der gesunden Leber scheint er mit dem allgemeinen Fettreichthum des Körpers zu wachsen; jedenfalls mehrt er sich mit dem Fettreichthum der Nahrung. Diesen letzten, schon von Magendie, Gray, Laue u. A. behaupteten Satz beweist Frerichs *) dadurch, dass er Hunde, denen er ein Stückchen Leber ausgeschnitten, mit fettreicher Nahrung füttert; 22 Stunden nach Beginn der letztern steigt schon der Fettgehalt der Leber merklich an, und nach 8 × 24 Stunden ist die Leber mit Fetten aufs Reichlichste erfüllt. Wird dann umgekehrt fettarme Nahrung gereicht, so schwinden nach einiger Zeit die Leberfette wieder. Die Fette werden in das Innere der Leberzellen, welche sich dabei vergrössern, als Körnchen und Tröpfchen, zuweilen auch als Krystalle abgelagert. Wenn die Füllung der Leber mit Fett im Steigen begriffen ist, so scheinen sich zuerst die Zellen, welche in der Nähe der Ringvenen liegen, und dann erst die Nachbarn der Mittelvenen mit Fett zu sättigen. — Ausser in den Zellen soll auch das Fett in den Gallengängen frei vorkommen (Vogel, Wedl), ein Verhalten, das wegen des Fettgehaltes der Galle schwerlich bestritten werden kann. Krankhafter Weise häuft sich auch bei sonst abgemagerten Individuen Fett in der Leber an. — k) Gallensäuren **). Sie finden sich jeder Zeit in der Leberflüssigkeit; da sie im Pfortader- und Lebervenenblut der Säugethiere fehlen (Lehmann) und bei Fröschen im Blut auch nach Ausschneidung der Leber nicht beobachtet werden (Kunde), selbst dann nicht, wenn jene Thiere die Ausschneidung ihrer Leber 21 Tage überlebt haben (Moleschott), so sind sie unzweifelhaft als eine chemische Neubildung der Leber anzusehen. Die mikrochemische Reaktion hat sie als einen Bestandtheil des Leberzelleninhaltes nachgewiesen. — l) Einen in Chloroform löslichen und daraus in rothen Krystallen ausschiessenden Farbstoff (Valentiner ***). Nach dem Entdecker dieses Verhaltens mit Haematoidin, nach Brücke sicher mit Gallenbraun identisch. — m) Andere im Weiteren unbekannte Farbstoffe; die letztern insgesammt werden in den Leberzellen angetroffen — n) Harnsäure (Cloetta). — o) Xanthoglobulin (Scherer) †). — In kranken Lebern, insbesondere bei

*) Klinik der Leberkrankheiten. I. Bd. 285 ff.

**) Kunde, De hepatis ranarum exstirpatione. Berlin 1850. — Moleschott, Arch. für phys. Heilkunde. XI. Bd. 479. — Henle's Allgem. Anatomie. 1841. 903.

***) Günsburg's Zeitschrift. Dezember 1858. Wiener akad. Berichte. März 1859.

†) Würzburger Verhandlungen. VII. Bd. 262.

Typhus, Pyaemie, bösartigen Wechselfiebern u. s. w. Leucin, Tyrosin (Frerichs, Staedeler)*), Sarkin und zuweilen Cystin (Scherer). Wenn diese letzteren vier Körper reichlich auftreten, so ist meist die Zucker- und Gallenbildung beeinträchtigt. — p) Die Leberasche **) ist von Oidtmann zerlegt; die folgenden Zahlen sind von denselben Individuen hergenommen, welche schon die Milzasche lieferten (p. 302). In 100 Theilen enthält die Leber und die Leberasche:

	Mann.	Kind.
Wasser	74,0	82,50
Anorgan. Stoffe	1,1	0,91
Chlor	2,50	4,21
PhO_5	49,37	42,75
SO_3	0,91	0,91
SiO_3	0,27	0,18
KO	25,17	34,72
NaO	14,47	11,27
CaO	3,02	0,33
MgO	0,19	0,07
Fe_2O_3	2,75	} 5,45
$2MnO_3$	0,10	
CuO	0,05	
Pb	0,01	
Phosphorsaure Erde	—	

Die Asche reiht sich an die der Blutkörperchen, Milz, Muskeln durch ihren Gehalt an KO und PhO_5. Eigen ist ihr Reichthum an Cu und Pb. Nach Fütterung mit unschädlichen Kupfersalzen (Stearin und margarinsaures CuO) kann das CuO zu 0,02 pCt. der feuchten Leber steigen (Staedeler). Im jugendlichen Individuum enthält die Leber weniger Cu als im Erwachsenen (Devergie, Munk).

Quantitative Analysen der ganzen Leber siehe bei Bibra.

3. Vergleichung des Blutes in der Pfort- und Leberader. Das Pfortaderblut ist bis dahin in seiner qualitativen Zusammensetzung wenig abweichend von dem der andern Venen gefunden worden.

*) Frerichs, Klinik der Leberkrankheiten 181.

**) Oidtmann, die anorgan. Bestandtheile der Leber und Milz. Linnich 1858. — Bibra, l. c. — Langenbeck und Staedeler, Ueber die Wirkung der Verbindungen des Kupferoxyds mit fetten Säuren. Züricher Mittheilungen. 1855. — Munk, De cupro in organica etc. obvio. 1856.

Dieses gilt selbst für das Blut, welches zur Zeit der Verdauung in den ausgedehnten Wurzeln der Pfortader vom Darminhalt umspült worden ist. Wenn man diese Erfahrungen nicht auf die Mangelhaftigkeit der analytischen Hilfsmittel schieben will, so bleibt nur die Annahme übrig, dass, ganz günstige Fälle ausgenommen, die Menge von Flüssigkeit, welche durch den Diffusionsstrom aus dem Darmkanal in die Gefässröhren gefördert wird, verschwindet gegen die, welche der Blutstrom selbst in sie führt. Mit dieser letzten Annahme stimmt auch die quantitative Zusammensetzung des Serums, welches 5 und 10 Stunden nach der Fütterung analysirt, gleiche Zusammensetzung bot (Lehmann). Auffallender Weise gab dagegen diesem letztern Beobachter das gesammte Pfortaderblut der Pferde 10 Stunden nach der Fütterung 0,4 pCt. Extrakte und die ungeheure Quantität von 8,6 pCt. Wasser mehr als 5 Stunden nach derselben. Diese Abweichung, welche bei gleicher Zusammensetzung des Serums nur bedingt sein könnte durch eine Veränderung in der Menge der Blutkörperchen, verdient mit Zuhilfenahme der Färbekraft bestätigt zu werden. — Unter Hinweisung auf p. 33 d. B. dürfte hier noch Folgendes hervorzuheben sein: a) Die rothen Scheiben im Blut der Lebervenen sollen, wie l. c. schon geschildert wurde, in Gestalt und chem. Reaktion von denen des Pfortaderinhaltes abweichen; ebenso sei auch ihre Zahl im Verhältniss zu den farblosen geringer. Daraus hat man theils auf eine Neubildung, theils auf eine Entfärbung vorhandener Körperchen schliessen wollen. Seitdem man jedoch die durch den Blutstrom selbst herbeigeführte Vertheilung der Körperchen in den verschiedenen Gefässstücken genauer berücksichtigte, ist man geneigt, jene Thatsachen dahin zu deuten, dass sich wegen des langsamen Stroms in der Leberader die rothen und weissen Körperchen dort anhäufen möchten. Eine Unterstützung hierfür zieht man aus den Beobachtungen von Lehmann, nach welchen der Wassergehalt des Pfortaderblutes den des Leberblutes um 8 bis 9 pCt. übertrifft. Denn nähme man in der That an, dass in der Leberader die Körperchen gerade so rasch strömten, als in der Pfortader, so würde der Unterschied des Wassergehaltes nur aus einem Verlust an Wasser in der Leber abgeleitet werden können, und wohin sollte es sich dort verloren haben? (p. 31.) — b) Früher glaubte man, gestützt auf die Angaben von Bernard, dass unter allen Umständen, und selbst nach reichlichem Genuss von Zucker nur ausnahmsweise dieser Stoff im Pfortaderblut gefunden werde. In dieser Ausdeh-

nung ist jedoch die Sache nicht bestätigt worden. Allerdings finden Leconte, Lehmann und Poggiale nach Hunger und Fleischnahrung für gewöhnlich keinen Zucker in der Pfortader, aber nach Fütterung mit Amylon und Zucker ist der letztere Körper von allen Beobachtern übereinstimmend gefunden worden, und dazu ist von Sanson nicht allein im Blut überhaupt, sondern auch in den Muskeln, der Lunge u. s. w. ein dextrinartiger Körper nachgewiesen, welcher durch Gährung in Zucker verwandelt wird. Dieses bestätigten Hensen, Bernard und Poggiale für den Fall, dass die Thiere kurz vor dem Tode reichlich mit Amylon gefüttert wurden. Das Amyloid fehlt dagegen sowohl im Blut, als auch in allen andern Organen, die Leber ausgenommen, wenn die Thiere allein mit Fleisch oder einer schwach amylonhaltigen Nahrung gefüttert werden (Bernard, Poggiale, Sanson). Endlich ist auch gefunden worden, dass das arterielle Blut meist mehr Zucker enthält, als das der Haut- und Muskelvenen (Harley, Chaveau), so dass möglicher Weise auch das der Arteria hepatica noch Zucker führt, wenn er selbst dem Blut der Vena portarum fehlt. Fasst man Alles zusammen, so ergiebt sich, dass es Fälle giebt, in welchen das zur letzteren strömende Blut vollkommen frei an Kohlenhydrat ist, während das aus ihr hervorgehende zuckerhaltig ist, und dass in andern Fällen der Leber zwar Kohlenhydrate zugeführt werden, dass diese aber an Menge dem Traubenzucker nachstehen, welche durch das Lebervenenblut abströmen. — Die Kohlenhydrate und insbesondere Rohrzucker, welcher durch die vena portarum einströmt, soll in der Leber in Traubenzucker umgewandelt werden, indem die Lebervene nur diesen letztern enthält (Bernard). — c) Brown-Séquard *) bestätigt die Angabe von Lehmann, dass das Lebervenenblut des Hundes, wenn es am lebenden gallenabsondernden Thier aufgefangen wird, nicht mehr von selbst gerinnt. Zuweilen gerinnt es jedoch noch, und zwar dann, wenn wie Brown-Séquard vermuthet, die Gallenabsonderung unterdrückt ist. Das aus dem todten Thier gewonnene Blut ist meist geronnen.

Ueber die Zusammensetzung des Bluts in der Leberarterie und insbesondere über seine Veränderungen beim Durchgang durch die Leber ist nichts bekannt.

4. Von dem Strom des Leberblutes. Die Richtung des Stroms in den Blutgefässen der Leber wird für gewöhnlich von der Porta

*) Journal de la Physiologie. I. p. 298.

zu der Lebervene gehen; doch ist wegen der Abwesenheit aller Klappen in den Leber- und Pfortadervenen und der leichten Ausdehnbarkeit der Darmgefässe auch das Umgekehrte möglich. — Die Geschwindigkeit des Stroms in der Pfortader muss unter Voraussetzung gleicher Widerstände in und jenseits der Leber veränderlich sein; denn einmal sind die Durchmesser der Blutgefässcapillaren in den Wandungen der Unterleibsdrüsen veränderlich, wie die in diesen Organen vor sich gehende Saftbildung, die insbesondere zunimmt zur Zeit der Verdauung; da nun in den weiteren Röhren die Reibung relativ zur durchgehenden Blutmasse geringer ist, als in den engeren, so muss während der Verdauungsperiode das Blut mit grösserer Kraft in die Pfortader einströmen, als in anderen Zeiten. Dann wird aber auch bei jeder nicht allzutiefen Inspiration die schlaffe Masse des Bauchinhaltes zusammengedrückt, entsprechend der Kraft, mit welcher das Zwerchfell sich zusammenzieht, und dieser Druck muss nothwendig das Blut in der Pfortader beschleunigen, das durch die steife Leber seinen ungehemmten Ausweg findet. — Aber auch bei gleicher Triebkraft muss die Geschwindigkeit veränderlich sein, weil die Lebergefässe selbst unter dem Einfluss ihrer ungleich erregten Nerven verschiedene Durchmesser annehmen und weil die Widerstände namentlich jenseits der Leber in der Brusthöhle gar nicht unbeträchtlich variabel sind. Bei jeder Inspiration mindert und bei jeder Exspiration mehrt er sich bekanntlich. So deuten also alle Umstände darauf hin, dass in der gewöhnlichen Ausathmung das Fliessen langsamer und in der Einathmung rascher ist. — Aehnliches gilt auch für den Strom in der Leberarterie. — Ueber das Verhältniss der Geschwindigkeiten in den beiden Gefässen pflegt man sich gewöhnlich dahin auszudrücken, dass die Strömung in der Leberarterie viel rascher als in der Pfortader sei, weil die lebendige Kraft des frisch aus dem Herzen dringenden Arterienblutes weit bedeutender sei, als die des Pfortaderblutes, das aus den Darmcapillaren zurückkehrt, während die Hemmungen, welche beiden in der Leber bevorstehen, vollkommen gleich seien. Man bedenkt dabei nicht, dass auch ein grosser Theil des Blutes der a. hepatica durch zwei Capillarennetze, die beide in der Leber liegen, wandern muss. Zudem ist es fraglich, ob das Blut in den Darmcapillaren sehr bedeutend gehemmt wird; denn das Bett der Darmarterien erweitert sich dem Anschein nach beim Uebergang in das Capillarensystem der Darm- und Drüsenwände viel beträchtlicher, als das der Leberarterie bei

ihrer Vertheilung in vasa vasorum. Unter dieser Voraussetzung würde aber nach bekannten hydraulischen Grundsätzen der Theil des Leberarterienblutes, welcher durch die vasa vasorum ginge, mehr gehemmt, als das Blut in den Darmcapillaren. Endlich wirkt auch das Blut der Pfortader hemmend auf das der Leberarterien, denn beide münden in dasselbe Capillarnetz.

Die absoluten Werthe der Geschwindigkeit sind nicht bekannt; man vermuthet, dass der Strom in der vena portae sehr langsam sein möchte. Dafür spricht aber nicht einmal die Theorie; denn gesetzt, es besässe das Pfortaderblut nur schwache lebendige Kräfte, so würden sie doch hinreichen, um bei geringen Widerständen in der Leber immer noch eine Geschwindigkeit zu erzeugen, die, verglichen mit der des Kreislaufes überhaupt, beträchtlich genannt werden könnte. Nun spricht die enorme Zahl der Lebercapillaren und demnach der langsame Strom in ihnen sehr dafür, dass das Blut in der Leber wenig Hindernisse erfährt, und die Einfügung der Lebervene in die untere Hohlvene geschieht an einer so günstigen Stelle, dass jenseits der Leber dem Strom die möglichst geringe Hemmung entgegensteht. Mit dieser Anschauung stimmt die Erfahrung von Volkmann, welcher den Centralstrom in den Mesenterialcapillaren eines Hundes gerade so geschwind fand, als Vierordt den der Retinacapillaren.

In den Capillaren der Leberinseln wird der Strom jedenfalls langsam sein aus schon angeführten Gründen, aber trotzdem wird dennoch durch die Gesammtsumme derselben sehr viel Blut gehen, da die Räumlichkeit eines Durchschnittes durch ihr Gesammtlumen den grössten Querschnitt der Leber um Vieles übertreffen muss; denn von der Fläche eines jeden Partialschnitts derselben gehört den Gefässöffnungen mindestens ein Dritttheil zu; und wie oft kann sich bei dem geringen Durchmesser und dem kurzen Längsverlauf der Capillaren dieser Antheil in der dicken Leber wiederholen.

Die Spannung des Blutstroms muss dem Vorstehenden gemäss gewiss ebenfalls variiren; unter Umständen steigert sich dieselbe in den Lebercapillaren so beträchtlich, dass eine sehr merkliche Ausdehnung der Leber erzeugt wird (Anschoppungen der Leber). Ueber ihren absoluten Werth ist nichts bekannt.

5. Galle im engern Wortsinn. Die Flüssigkeit in den grössern Lebergängen und der Gallenblase ist ein Gemisch des Absonderungsproduktes der Leberzellen und der Schleimdrüsen. Aus diesem Gemenge lassen sich zum Theil nur vermuthungsweise die Bestand-

theile ausscheiden, welche aus dem Inhalt der Leberzellen ausgetreten sind. Wir zählen zu ihnen: taurocholsaures (und glycocholsaures) Natron, Lecithin (Gobley)*), Cholestearin, Olein, Margarin, Biliphain und Biliverdin, Traubenzucker**) (Stokvis, Frerichs), Chlornatrium, kohlensaure und phosphorsaure Kalk- und Talkerde, Eisenoxyd, zuweilen Kupferoxyd, Wasser. — Dieses Lösungsgemenge reagirt, vorausgesetzt, dass ihm kein Schleim beigemengt ist, neutral.

Gorup***) spricht der Menschengalle die Glycocholsäure ab, weil er unter den Zersetzungsprodukten der Galle kein Glycin fand. Strecker†) zeigte schon früher dasselbe Verhalten für die Hundegalle. Unter dieser Voraussetzung würde das Auftreten von Hippursäure im Harn schwer begreiflich sein, da sich diese im Blut unter Zuhilfenahme des Glycins der Glycocholsäure bildet (Kühne und Hallwachs). — Galle, welche unmittelbar aus den Lebergängen oder nur nach kurzer Anwesenheit in der Blase aufgefangen wird, enthält nur Gallenbraun, aber kein Gallengrün. Der letztere Farbstoff geht also erst während des Aufenthalts der Galle in der Blase aus dem erstern hervor, eine Umwandlung, welche nach den Untersuchungen von Heintz††) auf einer Oxydation beruht, indem 1 Atom Gallenbraun ($C_{32}H_{18}N_2O_9$) unter Aufnahme von 1 Atom Sauerstoff in 2 Atome Gallengrün ($C_{16}H_9NO_5$) zerfällt. —

In der frischen Galle des Hundes findet Bernard keinen Zucker; Mosler bemerkte ihn hier erst dann, wenn grössere Mengen in das Blut eingespritzt waren. Wie in den Harn, so geht auch in die Galle der Rohrzucker leichter über als der Traubenzucker, d. h. es müssen grössere Mengen von der letzteren Zuckerart, als von der ersteren im Blut vorhanden sein, wenn er in der Galle gefunden werden soll. — In der Menschengalle, selbst in der möglichst frischen, bemerkten Zucker Stokvis und Frerichs; Bernard vermuthet, dass er durch eine nach dem Tod eingetretene Diffusion aus der Leber dorthin gekommen sei. — Aus dem Blut gehen ausserdem, wenn sie dort vorhanden sind, in die Galle über: KJ und $CuO\,SO_3$; es treten dagegen nicht über: $KO\,NO_5$, $2\,Hg\,Cl$, Chinin; Benzoësäure erscheint in der Galle nicht als Hippursäure (Mosler).

a. Die Zusammensetzung der Galle†††) ist veränderlich: 1) mit der Nahrung. Ein reichlicher Zusatz von Wasser zu einer hinreichenden Brot- oder Fleischkost, und ebenso Entziehung der Nahrung mindert den Prozentgehalt der festen Bestandtheile (Bidder, Schmidt, H. Nasse, Arnold). — 2) Bei genügender Nahrung aus Fleisch ist die Galle reicher an festem Rückstand,

*) Chemisches Centralblatt 1856. p. 879.

**) Stokvis, Wiener med. Wochenschrift. 1857. p. 238. — Frerichs, Klinik der Leberkrankheiten. I. Bd. 90. — Mosler, Ueber den Uebergang von Stoffen aus dem Blut in die Galle. Giessen 1857. — Bernard, Leçons. I. Bd. 1857. p. 94.

***) Prager Vierteljahrsschrift. 1851. III. Bd. 86.

†) Liebig's Annalen. 70. Bd. 149.

††) Lehrbuch der Zoochemie. Berlin 1853. p. 791.

†††) Bidder und Schmidt, Die Verdauungssäfte. Leipzig 1852. p. 125 und 212. — H. Nasse, Commentatio de bilis quotidie a cane secreta etc. Marb. 1851. — Arnold, Die physiologische Anstalt Heidelbergs. 1858. p. 91.

als bei genügender Brodnahrung (Arnold). Hierbei versteht man unter genügender Nahrung eine solche, bei welcher das mittlere Körpergewicht sich gleich bleibt. — 3) Die Galle verliert durch einen längern Aufenthalt in der Blase Wasser, und zwar in einem solchen Grade, dass die Blasengalle in 100 Theilen meist doppelt so viel festen Rückstand enthält, als die aus den Lebergängen auf-aufgefangene. — In der Blase ändert sich die braune Farbe der Galle in die grüne (Bidder, Schmidt). Auch soll sich in ihr die Gallensäure in harzige Produkte umsetzen (Mulder). — 4) Der Wassergehalt der Galle, welche bei Nacht abgesondert wird, ist etwas niedriger, als der am Tage gelieferte (H. Nasse). — 5) Die Schwankungen, welche die Prozente des festen Rückstandes betreffen, rühren vorzugsweise von einer Veränderlichkeit der organischen Bestandtheile her, während der Prozentgehalt an Salzen sich annähernd gleich bleibt (H. Nasse). — 6) Der Gehalt der Galle an festen Bestandtheilen steht in keiner nothwendigen Beziehung zu der Geschwindigkeit der Absonderug, so dass z. B. der erstere in dem Grade abnimmt, in welchem der letztere zunimmt.

Die Schwankungen des Prozentgehalts der Galle an festen Bestandtheilen wechseln nach Bidder und Schmidt bei Säugethieren zwischen 1,2 bis 11,0 pCt.

Ueber die quantitative Zusammensetzung der schleimhaltigen Menschengallen besitzen wir Untersuchungen von Frerichs*) und Gorup**). Das Beobachtungsmaterial bezog Gorup aus den Leichen zweier Hingerichteten.

	Frerichs.		Gorup.
Wasser	85,92		— 89,81—82,27
Gallensaures Natron	9,14		— 5,65—10,79
Cholestearin	0,26		— 3,09— 4,73 (Cholestearin, Margarin und Olein)
Margarin und Olein	0,92		
Schleim- und Farbstoff	2,98		— 1,45— 2,21
$NaCl$	0,20	0,77 (Summe der Salze)	— 0,63— 1,08
$3 NaOPO_5$	0,25		
$3 MgO$ / $3 CaO$ PO_5	0,28		
$CaOSO_3$	0,04		
Fe_2O_3	Spuren		

*) Scherer's Jahresbericht für physiologische Chemie für 1845. p. 145.
**) L. c.

Diese Zahlen deuten zwar auf kein festes Verhältniss zwischen den einzelnen Stoffen der festen Bestandtheile hin, doch scheinen die Salze ungefähr wie die Gallensäuren zuzunehmen. Die analytische Methode der Galle, welche von Frerichs herrührt, siehe bei Heintz *).

b. Geschwindigkeit der Gallenabsonderung. Wir verstehen hierunter den Quotienten aus dem Lebergewicht in die Gallenmenge, welche während einer beliebigen (aber jedesmal festgesetzten) Zeiteinheit aufgefangen wurde; dieser Ausdruck ist also auch gleichbedeutend mit der Gallenbildung in der Einheit des Lebergewichts. Wenn man nach einem Mittel sucht, um die an verschiedenen Thieren gewonnenen Beobachtungen vergleichbar zu machen, so verdient der soeben aufgestellte allgemeine Maassstab jedenfalls den Vorzug vor dem gebräuchlichen Quotienten der Gallenmenge in das Körpergewicht. Denn es bildet sich nicht, wie es z. B. mit der Kohlensäure der Fall, an allen Orten des Organismus Galle, sondern nur in der Leber. Darum dürfte statt des Gewichts der Leber nur dann da des Gesammtkörpers substituirt werden, wenn ein bestimmtes Verhältniss zwischen diesen beiden letzten Gewichten nachgewiesen wäre; bekanntlich ist dieses, wie zu erwarten, nicht der Fall **). — Da nun aber gerade in den gründlichsten und ausführlichsten Beobachtungen über Gallenmenge, welche Bidder und Schmidt angestellt haben, das Lebergewicht fehlt, und selbst da, wo es bestimmt wurde, dieses nach ihrer eigenen Aussage nicht mit allen Cautelen geschah, so ist man für die meisten Fälle beschränkt auf den Vergleich zwischen den verschiedenen Absonderungsmengen eines und desselben Thieres.

Die Galle gehört zu denjenigen Säften, welche während der ganzen Dauer des Lebens gebildet werden, so lange die normal gebaute Leber vom Blut durchströmt ist. Sehr zu beachten ist es, dass nach Abschliessung des Pfortaderblutes die Absonderung nicht aufhört, vorausgesetzt, dass die Leberarterie noch wegsam ist (Gintrac, Oré, Andral, Frerichs) ***). In den beobachteten Fällen bleibt es freilich wegen der von Devalez beschriebenen Verbindung der Pfort- und Zwölffingerdarmader ungewiss, ob alles Pfortaderblut von der Leber abgeschnitten war. — Die Unterbin-

*) L. c. p. 939.

**) Bidder und Schmidt, l. c. p. 152.

***) Frerichs, Klinik der Leberkrankheiten. 257. — Oré, Compt. rend. 43. Bd. Sept. 1856. — Bernard, Leçons sur les liquides. II. Bd. 1859. 195.

dung der Leberarterie bei Kaninchen scheint dagegen die Absonderung zum Stillstand zu bringen (Kottmeyer)*). Für das Gegentheil wird Ledieu citirt, welcher nach Obliteration der Arterie beim Menschen die Absonderung fortdauern sah.

Die Absonderungsgeschwindigkeit der Galle ist jedoch beträchtlichen Aenderungen unterworfen. 1) Fester Rückstand der Galle. a) Nach gänzlicher Entziehung der Nahrung nimmt die Menge derselben beträchtlich ab; aber selbst Katzen, die 10 Tage lang gehungert hatten, entleerten noch Galle. Arnold **), der am Hund die Gallenabsonderung von der 18. bis 42. Stunde der Hungerzeit Stunde um Stunde verfolgte, fand, dass der feste Rückstand auf- und abschwankte; namentlich erreichte Morgens und Abends die Menge der festen Galle ein Maximum und Mittag und Mitternacht ein Minimum. — b) Der Einfluss der genossenen Nahrung macht sich in der Weise geltend, dass einige Zeit nach derselben die Absonderung der festen Gallenstoffe steigt und nach Verfluss von einer (Arnold) ***), von zwei bis vier (Voit) oder gar bis zu 14 Stunden (Bidder und Schmidt) ihr Maximum erreicht und von da zuerst rascher und dann langsamer absinkt. Diese Unbestimmtheit für die Zeit des eintretenden Maximums ist wahrscheinlicher Weise bedingt durch die Verdaulichkeit der Speisen und die Energie der Verdauungsorgane. — Der Werth des beobachteten Maximums steigt mit der Menge der genossenen Nahrungsmittel, woraus diese auch bestehen mögen, vorausgesetzt nur, dass sie befähigt sind, das Leben zu unterhalten (H. Nasse). — Von einem sehr eingreifenden Einfluss erweisst sich endlich die Art der Nahrung. Ganz unwirksam auf die Steigerung der Abscheidung ist der ausschliessliche Genuss von Fetten (Bidder und Schmidt), so dass sich hierbei die Gallenabsonderung verhält, wie bei gänzlichem Nahrungsmangel; eine rein vegetabilische Nahrung (Brod und Kartoffeln) steigert die Absonderung weniger, als eine reine Fleischkost (Schmidt, Bidder, H. Nasse, Arnold), mageres Fleisch weniger als fetthaltiges, und ein Zusatz von Leber zur Nahrung scheint noch eingreifender als der von Fetten zu wirken (Bidder und Schmidt). Zusatz von kohlensaurem Natron (H. Nasse) oder Quecksilberchlorür (H. Nasse, Kölliker und H. Müller) †) zur Nahrung mindern

*) Zur Kenntniss der Leber. Würzburg 1857. — Ledieu bei Frerichs, l. c.

**) Das physiologische Institut Heidelbergs. 1858.

***) Zur Physiologie der Galle. Mannheim 1854. — Voit, Physiolog.-chem. Untersuchungen. Augsburg 1857. p. 41.

†) Würzburger Verhandlungen. V. Bd. 231.

den günstigen Einfluss anderer Speisen. — Beim Uebergang von einer Kost zur andern tritt die entsprechende Wirkung derselben nicht sogleich, sondern erst einen Tag nach dem Nahrungswechsel hervor. — 2) Die Absonderungsgeschwindigkeit des Wassers der Galle ändert sich in dem Versuche von Arnold mit vollkommener Entziehung der Nahrung ungefähr ähnlich, wie die der festen Gallenbestandtheile. — Nach dem Genuss von Wasser mehrt sich auch das der Galle; der Zeitraum, welcher verfliesst zwischen dem Eindringen des Wassers in den Magen und dem Erscheinen in dem Lebergang ist sehr wechselnd befunden worden. Ein Zusatz von anderthalbfach kohlensaurem Natron zum Wasser vermindert die Ausscheidung dieses letztern durch die Galle (H. Nasse).

Hiermit ist die Aufzählung der Bedingungen für die Geschwindigkeit des Absonderungsstroms der Leber zwar noch nicht beendet, aber sie kann nur durch die unbefriedigenden Worte weiter fortgesetzt werden, dass entweder die Individualität des Gesammtorganismus oder die der Leber ihn bestimmen helfe. Dass das erste nothwendig, ergiebt sich schon aus einer Ueberlegung der mitgetheilten Thatsachen; denn die Nahrung wird, theilweise wenigstens, dadurch von Bedeutung für die Gallenabsonderung werden, dass sie zunächst die Blutzusammensetzung ändert. Diese ist aber nicht blos eine Funktion der Nahrung, sondern sie ist auch abhängig von den Zusätzen und den Verlusten, die dem Gefässinhalt in den verschiedenartigen Organen des Körpers zugefügt werden. Insofern nun nicht in jedem Thier die Massen und Kräfte der verschiedenen Organe in demselben Verhältniss zu einander stehen, muss auch das Resultat aus ihren Wirkungen verschieden ausfallen; d. h. trotz gleicher Nahrung wird die Zusammensetzung des Blutes und damit auch die Gallenabsonderung in verschiedenen Thieren abweichen. Aus einer ähnlichen Betrachtung könnte nun aber auch die Individualität des Lebergewebes abgeleitet werden, und da unter dessen Einfluss die Gallenabsonderung vor sich geht, so muss sich die Geschwindigkeit derselben auch mit den Besonderheiten der Leber verändern.

Um die Gallenmenge zu erfahren, welche in der Zeiteinheit abgesondert wird, legt man nach dem Vorgang von Schwann meist permanente Fisteln der Gallenblase an, nachdem man den gemeinschaftlichen Gallengang unterbunden hat. Die Beobachtung beginnt man erst dann, wenn die Wunde vollkommen vernarbt und die in Folge des operativen Eingriffs eingetretene Bauchfellentzündung gehoben ist. Bei Anwendung dieses allerdings unschätzbaren Verfahrens hat man zu berücksichtigen: 1) Der Abschluss der Galle von dem Darmrohr verändert die Verdauung insofern, als sie die

Aufnahme der genossenen Fette in das Blut hindert oder mindestens erschwert; zugleich aber wird die Galle, welche unter normalen Verhältnissen in den Darmkanal ergossen und von dort wieder in das Blut zurückgeführt worden wäre, jetzt aus dem Kreislauf des Lebens entfernt. Aus beiden Gründen magern die Thiere, vorausgesetzt, dass man ihnen das Maass der im gewöhnlichen Leben hinreichenden Kost giebt, so beträchtlich ab, dass sie in Folge davon zu Grunde gehen. Man muss also, um diesen Ausfall zu decken, das Gewicht ihrer Nahrung steigern; aber eine einfache Deckung desselben scheint nach den Beobachtungen von Arnold nicht zu genügen, sondern es muss ein sehr beträchtlicher Ueberschuss gegeben werden. Wenn sich diese interessante Entdeckung bestätigt, so kann sie nur durch die Annahme erklärt werden, dass bei der Anwesenheit der Gallenbestandtheile im Blut der Stoffumsatz im thierischen Körper langsamer als bei ihrer Abwesenheit vor sich geht. Daraus resultirt aber, dass die quantitativen Verhältnisse der Gallenabsonderung nicht die normalen sein können. Arnold ist geneigt anzunehmen, dass sie wegen der reichlichen Fütterung gesteigert sein möchte. — 2) Die Zustände der Leber oder des Körpers überhaupt scheinen sich sich während des Bestehens der Fistel allmählig dahin zu ändern, dass aus denselben eine Verminderung der Gallenabsonderung resultirt; es ist also die Gallenabsonderung bei ein und demselben Thier zu Anfang und zu Ende einer länger dauernden Beobachtungsreihe nicht vergleichbar (H. Nasse).

Diesen Uebelständen suchten Bidder und Schmidt dadurch aus dem Wege zu gehen, dass sie temporäre Gallenfisteln benutzten, indem sie einige Stunden nach der Anlegung derselben, und namentlich bevor entzündlinhe Erscheinungen im Unterleibe eingetreten, die Galle auffingen. So sehr es nach den vorliegenden Beobachtungen den Anschein hat, als ob dieses freilich nur für kurze Zeiträume verwendbare Verfahren die obigen Bedenken ausschliesst, so wäre es doch wünschenswerth, an einem und demselben Thiere beide Methoden zu benutzen, um sich von ihrem relativen Werthe zu überzeugen. — 3) Der Ableitung und dem Auffangen der Galle aus der Fistelöffnung muss endlich die grösste Aufmerksamkeit geschenkt werden. Wird sie nicht sorgsam entleert, und verstopft sich namentlich die Fistelöffnung, so dass der Inhalt der Gallengefässe unter eine erhöhte Spannung kommt, so tritt ein Theil und unter Umständen die ganze Galle in das Blut zurück (Kölliker und Müller), so dass aus der Fistel, selbst wenn sie nun eröffnet wird, gar keine Galle zum Vorschein kommt. Um diesen Ausfluss zu reguliren, sind verschiedene Canülen angegeben, unter denen die von Arnold empfehlenswerth zu sein scheint, indem ihre Anwendung den Vortheil gewährt, dass die ausgetretene Galle in einen vor Verdunstung geschützten Ort zu liegen kommt. — Ein ganz eigenthümlicher Fehler wird in die Gallenbestimmung noch dadurch eingeführt, dass der unterbundene und durchschnittene Gallengang sich häufig wieder herstellt, so dass sich dann die Galle ganz oder theilweise wieder in den Darmkanal ergiessen kann. Im zweifelhaften Fall kann am lebenden Thier die Wiederherstellung des Gallengangs ermittelt werden durch eine Injektion der Gallenblase mit Wasser, in dem gefärbte Partikelchen aufgeschwemmt sind. Erscheinen diese im Koth wieder, so war der Gang natürlich wieder hergestellt; meistentheils leistet den Dienst des eben vorgeschlagenen Mittels schon der Gallenfarbstoff.

Das Lebergewicht wissen wir bis dahin noch auf keine sichere Weise zu unserm Zweck zu bestimmen; es würde natürlich für die Bildung des vorhin erwähnten Quotienten eigentlich nothwendig sein, entweder das Gewicht der Leberzellen für sich zu kennen, oder die Leber jedesmal vor der Wägung in einen solchen Zustand zu versetzen, dass das Gewicht derselben jenen Zellen proportional wäre. Da nun aber aller

Wahrscheinlichkeit nach die Gewichte der Gallengäng- und Blutgefässhäute mit dem der Leberzellen proportional steigen, so wäre nur dafür zu sorgen, dass der Inhalt der Gallengänge und Blutgefässe vor der Wägung bis auf ein Minimum entfernt wird.

Um eine Anschauung von dem Umfang der Absonderungs-Schwankungen zu verschaffen, welche oben erwähnt wurden, geben wir einige Zahlen; wir beschränken uns bei der Auswahl unter den vorhandenen auf die Beobachtungsresultate an Hunden und Katzen, weil nachweislich die Galle der Grasfresser anders zusammengesetzt ist, als die des Menschen.

Die folgende Tabelle ist nach Bidder und Schmidt entworfen; die Beobachtungsthiere sind Katzen, die Fisteln temporäre, die Beobachtungszeit immer drei Stunden.

Citat des Versuchs.	Termin der letzten Fütterung v, dem Versuch.	Beobachtete Menge.		Leber-gewicht.	Quotient des festen Rückst. in das Leber-gewicht.	Quotient des Wassers in das Leber-gewicht.
		Fester Rückstand.	Wasser.			
2	2,5 St.	0,190 Gr.	2,751 Gr.	52,66 Gr.	0,0036	0,0522
4	3,0 „	0,364 „	6,893 „	99,2 „	0,0036	0,0695
5	2,0 St. v. Beginn d. Versuchs 100 Gr. Wasser eingenommen.	0,362 „	3,574 „	85,6 „	0,0042	0,0417
7	12 St.	0,432 „	6,806 „	97,0 „	0,0044	0,0701
8	12 „	0,306 „	5,125 „	61,5 „	0,0050	0,0833
9	14 „	0,323 „	6,463 „	120,2 „	0,0027	0,0537
10	14 „	0,591 „	7,238 „	97,5 „	0,0060	0,0742
12	24 „	0,277 „	6,606 „	151,6 „	0,0018	0,0436
14	24 „	0,168 „	1,574 „	67,86 „	0,0025	0,0232
15	48 „	0,171 „	2,729 „	112,0 „	0,0019	0,0243
16	48 „	0,209 „	2,063 „	109,8 „	0,0019	0,0188
18	168 „	0,131 „	1,293 „	65,65 „	0,0023	0,0197
19	168 St. Thier schwanger.	0,081 „	1,415 „	120,0 „	0,0008	0,0139
20	240 St.	0,094 „	1,033 „	83,97 „	0,0010	0,0123

Sehen wir von Versuch 9 ab, welcher stark aus der Reihe fällt, so führen die Resultate dieser Beobachtungen auf die Behauptung, dass die Absonderungsgeschwindigkeit der festen Gallenbestandtheile von der 2. bis zur 14., ja 17. Stunde nach der Essenszeit im Wachsthum begriffen ist, dass sie von da ab aber absinkt und sich von der 24. bis 168. Stunde in annähernd gleichem Werthe erhält und von da bis zur 240. Stunde sich sehr allmählig erniedigt. — Die Absonderung des Wassers geschieht dagegen nach einem sehr unregelmässigen Modus.

Die folgenden Beobachtungen sind (die vier ersten von H. Nasse, die letzten von Arnold) an Hunden mit permanenten Fisteln gewonnen; die Beobachtungszeit ist 24 Stunden.

Gewicht des Hundes.	Futter.	Rückstand	Wasser	Leber-gewicht.	Quotient aus festem Rückstd. u. Leber-gewicht.	Quotient aus dem Wasser u. Leber-gewicht.
		der Galle.				
9,08 Kilo.	1,75 Kilo Fleisch.	6,742 Gr.	174,258 Gr.	299,5	0,0225	0,5818
9,54 „	Brod und Kartoffeln		164,548 „	„ „	0,0209	0,5494
	nach Belieben.	6,252 „		„ „		
?	1,4 Kilo Fleisch.	6,168 „	167,234 „		0,0206	0,5583
8,89 „	0,78 Kilo Brod.	4,490 „	104,110 „	„ „	0,0150	0,3476
7,75 „	0,75 Kilo Fleisch und 0,340 Kilo Wasser.	2,89 „	88,03 „	460,0	0,0063	0,1914
8,00 „	0,47 Kilo Brod und 0,45 Kilo Wasser.	2,64 „	60,38 „	„ „	0,0057	0,1313

Eine Vergleichung dieser Beobachtungen ergiebt ausser den im Text mitgetheilten Resultaten, dass die Absonderungsgeschwindigkeit in dem Hunde, welchen Nasse beobachtete, um das 3 bis 4 fache diejenige in dem von Arnold beobachteten Hunde übertraf. Der Grund ist theilweise wenigstens darin zu suchen, dass der erste Hund in einem Zustand starb, der mit grosser Magerkeit und Blutleere verbunden war, in Folge dessen wohl das Gewicht der Leber geringer ausgefallen ist; wahrscheinlich war das Lebergewicht zur Beobachtungszeit, welche zu Beginn der ganzen Versuchsreihe fiel, beträchtlich höher gewesen *). — Vergleichen wir nun aber auch den Arnold-schen Hund mit den von Katzen gelieferten Zahlen, so finden wis, dass die mittlere tägliche Absonderungsgeschwindigkeit der festen Bestandtheile bei Hunden das tägliche Maximum derselben bei den Katzen erreicht und übertrifft. Es muss dahin gestellt bleiben, ob dieses eine Folge der Verschiedenheit der Thiere oder der grössern relativen Futtermenge ist, welche bei Anwesenheit permanenter Fisteln verzehrt wird. Die Geschwindigkeit der Wasserabsonderung ist bei Hunden sehr viel bedeutender, als bei den Katzen.

Aus den neueren Mittheilungen von Arnold ist ferner hervorzuheben, dass 1 Kilogr. Hund täglich gab:

bei 58 Gr. Brodnahrung (auf den Kilo Thier) 9 Gr. Galle mit 0,26 Gr. Rückstand,
bei 96 Gr. Rindfleisch „ „ „ „ 11,6 „ „ „ 0,54 „ „
bei Eiernahrung . . . „ „ „ „ 9 „ „ „ 0,26 „ „

Berechnet man den festen Rückstand der Galle auf 100 Theile fester Nahrung, so ergab sich, dass von 100 Theilen trockenem Rindfleisch 1,99 trockene Galle und von 100 Theilen getrockneten Brodes 0,87 trockene Galle hervorgeht.

Der Versuch, aus den vorliegenden Beobachtungen an Thieren die Geschwindigkeit für die Gallenabsonderung des Menschen abzuleiten, möchte freilich gewagt erscheinen; behält man aber im Auge, dass das Tagesmittel derselben auch bei Menschen, je nach

*) Bidder u. Schmidt beobachteten u. A. unter sehr verschiedenen Bedingungen und zu den verschiedensten Tageszeiten einen Hund 8 Wochen hindurch. Aus dem Versuch leiten sie ab, dass der Hund im Mittel täglich 8,45 Rückstand und 155,30 Wasser entleert habe. Die Leber des 5390 Gr. schweren Thieres wog 276 Gr. Dieses würde einer Absonderungsgeschwindigkeit von gar 0,0306 für die festen Stoffe und von 0,5625 für das Wasser entsprechen.

Individualität und Lebensart, bedeutend schwanken mag, so kann man immerhin die bei Hunden beobachteten Grenzfälle, welche für die Absonderungsgeschwindigkeit der festen Bestandtheile = 0,0225 und 0,0057 waren, auch für solche annehmen, die einmal beim Menschen vorkommen können. Um mit Hilfe derselben den absoluten Werth der täglichen Gallenmenge des Menschen abzuleiten, hat man darauf nur nöthig, die obigen Zahlen mit dem mittleren Lebergewicht des Menschen (nach Huschke, offenbar zu hoch, = 2500 Gr.) zu multipliciren. Das Ergebniss dieser Operation würde sein, dass aus der Menschenleber täglich zwischen 13 bis 45 Gr. fester Substanz austreten. Da nun die Menschengallen nach Frerichs und Gorup (nach Abrechnung von 1 bis bis 2 pCt. Schleim) zwischen 8 und 16 Procent fester Bestandtheile enthalten, so würde die angenommene Menge des festen Rückstandes entsprechen einem Gallengewicht, das zwischen 80 und 600 Gr. liegt. Da nun aber die Galle, welche jene Analytiker zerlegten, Blasengalle war und diese nach Nasse ungefähr noch einmal so conzentrirt ist, als die Galle des Lebergangs, so würde man diese Gewichte verdoppeln können u. s. w. — So schwankend unsere Grundlagen aber auch sind, sie führen jedenfalls zu der Ueberzeugung, dass die Masse von Flüssigkeit, welche aus den Lebergängen ausgeführt wird, keine sehr beträchtliche ist.

6. Chemische Vorgänge in der Leberzelle. Die Leberzelle darf als eine chemische Werkstätte angesehen werden, deren Thätigkeit nicht allein an Umfang, sondern auch an Art verschieden ausfallen kann. Insofern man die Art der Umsetzung in's Auge fasst, gewinnt es den Anschein, als ob sich zwei ganz verschiedene, gegenseitig ausschliessende Vorgänge hier entwickeln könnten. Wollte man dieselben durch ihre Endproducte kennzeichnen, so könnte man den einen Bildungsakt den von Galle und Zucker, den andern den von Leucin, Tyrosin und Cystin nennen. Diese Unterscheidung rechtfertigt sich durch die Erfahrung, dass in dem Maasse, in welchem die ersten Stoffe in der Leber gefunden werden, die zweiten darin fehlen und umgekehrt. — Da der erste Vorgang der gesunde ist, so werden sich die folgenden Betrachtungen vorzugsweise auf ihn beziehen.

Die oft behandelte Frage, ob in der That die Gallensäure, der Gallenfarbstoff, das Amyloid oder der Traubenzucker in der Leber aus andern in sie eingeführten Atomen ihren Ursprung nehmen, scheint unbedingt bejaht werden zu müssen. Für die Ent-

stehung der Gallensäure in unserm Organ erheben sich der Mangel an Gallensäure in dem zuströmenden Blut, und vor Allem das von Kunde entdeckte und von Moleschott bestätigte gänzliche Verschwinden der Gallenstoffe aus dem thierischen Körper, welcher mit ausgeschnittener Leber längere Zeit fortlebt. Für die Neubildung von Gallenfarbstoff insbesondere spricht ausserdem noch die klinische Erfahrung, dass nach einer chronischen Verödung der Leberzellen die Darmentleerungen wenig braun gefärbt sind, ohne dass sich Gelbsucht einfindet (Frerichs). — Die Entstehung der Kohlenhydrate (der löslichen und unlöslichen Amyloider, des Traubenzuckers, des Inosits und der Milchsäure) wird bezeugt durch die Menge von Traubenzucker, welche mit dem Lebervenenblut fortströmt, ohne dass überhaupt eine Zufuhr, oder wenigstens keine an Menge entsprechende, von Kohlenhydraten stattfände. — Da nun die zuckerreiche und gallenbildende Leber noch andere Stoffe, insbesondere Harnsäure, das der Zusammensetzung nach so nahestehende Hypoxanthin und auch Cholestearin enthält, so erscheint es annehmbar, dass auch diese Atomgruppen in der Leber ihren Ursprung nehmen. Unzweifelhaft erschöpft diese Aufzählung (Gallensäure, Gallenfarbstoff, Kohlenhydrate, Harnsäure, Hypoxanthin, Cholestearin (?) noch nicht die Reihe von Neubildungen; denn einmal haben wir Andeutungen dafür, dass der Leber ein Fermentkörper eigenthümlich sei, dann spricht die Erfahrung, dass das Lebervenenblut wärmer als alles übrige ist, dafür, dass hier Oxydationen irgendwelcher Art vor sich gehen, und endlich ist das Verhalten der Fette in der Leber eigenthümlich genug, um es mindestens fraglich erscheinen zu lassen, ob sich nicht dort etwas besonderes mit ihnen ereignet. Man könnte allerdings die Erfahrung, dass nach dem Genuss von Fetten die Leber sich strotzend mit diesem Stoff füllt, darauf deuten, dass der feinkörnige Rahm des fettreichen Blutes in die Leberzellen filtrire, um so mehr, als bekanntermaassen die Galle ein Beförderungsmittel für den Durchgang der Fette durch wassergetränkte Häute ist; aber dieser Deutung stehen doch auch Hindernisse entgegen, denn das Fett erscheint im Blut nicht in freien Tropfen, sondern umschlossen von einer mit Wasser durchfeuchteten Haut; durch sie hindurch gelangt es nicht in Anfänge der gallenführenden Kanäle, sondern in die von diesen eingeschlossenen Leberzellen, und zwar dort in eine Flüssigkeit, mit welcher es sich nicht mischt, sondern gegen die es Tropfenspannung entwickelt. Dazu kommt endlich, dass das Fett

dort so mächtig werden kann, dass die ausgedehnten Zellen die kleinen Blutgefässe bis zum Verschwinden ihres Hohlraums zusammendrücken. Diese Thatsachen insgesammt thun dar, dass hier zum mindesten kein Durchsickern des Fettes in Folge höheren Druckes von Seiten des Inhaltes der Blutgefässe stattfinden kann.

Zu den Stammatomen, aus welchen Taurocholsäure, Harnsäure und Zucker hervorgehen, müssen unzweifelhaft die Eiweisskörper gehören, da nur sie von allen Blutbestandtheilen Schwefel und so viel Sticktoff mitbringen, als zur Darstellung der Gallen- und Harnsäure nöthig ist. Die Kohlenhydrate führen allerdings jene Ursprungszeugen nicht mit sich, aber statt dessen lässt sich geltend machen, dass beim Fleischfresser kein anderes Atom reichlich genug vorhanden ist, um zur Entstehung von so viel Zucker Veranlassung zu geben. Dann ist auch die Entstehung der Gallensäure an die des Leberzuckers sehr innig geknüpft, indem, wie wir schon sahen, Gallensäuren und Zucker zu derselben Zeit und in immer proportionaler Menge auftreten; so steigerte namentlich ein reichliches Mahl aus Fleisch die Bildung des Zuckers und der Galle zugleich. Woher der Gallenfarbstoff kommt, bleibt ungewiss; man hat ihn aus dem Blutfarbstoff (Kühne) oder auch aus den Gallensäuren (Frerichs und Staedeler) abzuleiten gesucht. Die Thatsachen, welche man zum Beweis bringt, werden bei der Ausscheidung des Farbstoffs und der Säure der Galle durch den Harn besprochen werden. — Wenn nun auch feststeht, dass die Eiweissstoffe in den vorliegenden Zersetzungsprozess eingehen, so bleibt natürlich die Möglichkeit nicht ausgeschlossen, dass sich nicht noch andere Atomgruppen, wie z. B. die Fette, an der Neubildung betheiligen. Ob und wie dieses geschieht, wird sich erst darthun lassen, wenn einmal die Zusammensetzung sämmtlicher neuer Atome und das Mengenverhältniss, in dem sie auftreten, bekannt ist. Dann erst wird sich eine chemische Gleichung von wahrem Werth entwickeln lassen. Um einen Fingerzeig für ihre Auffindung zu gewinnen, wird es am nächsten liegen, annähernd die Menge von Harnsäure und Hypoxanthin der Leber im Vergleich zu den neugebildeten Kohlenhydraten zu bestimmen.

Selbstverständlich kann man nicht über Vermuthungen hinausgehen, wenn man Rechenschaft geben will von den Bedingungen, welche jenen Umsetzungsprozess einleiten. Unter diesen dürften aber wohl eine Rolle spielen die Fermente, welche in dem Gewebe

und dem Blut der Leber beobachtet wurden; diese Annahme geht insofern über die blosse Wahrscheinlichkeit hinaus, als die Betheiligung der Fermente an der Umwandlung des Amyloids in Zucker erwiesen ist. Neben den Fermenten mischt sich unzweifelhaft der Sauerstoffgehalt des Blutes ein, weil ohne ihn die durch die Wärmebildung erwiesene Oxydation nicht möglich wäre; in der That ist auch, wenn man aus der Farbe schliessen darf, das Lebervenenblut sauerstofffrei. Unter diesem Gesichtspunkt gewinnt einmal das Einströmen von arteriellem Blut in die Gefässe der Leberinseln Bedeutung, und zugleich wäre es möglich, daraus zu erklären, warum zur Verdauungszeit, wo das Blut in den Darm- und Drüsencapillaren des Unterleibs rascher und demnach noch sauerstoffhaltiger in die Pfortader fliesst, die Gallen- und Zuckerbildung, resp. der Umsetzungsprozess in der Leber mächtiger wird. Diese Anschauung scheint unterstützt zu werden durch die ganz ähnlichen Folgen, welche nach Durchschneidung der Gefässnerven eintreten.

Die Steigerung der Umsetzungen nach einer reichlichen Mahlzeit könnte man, wie es wiederholt geschehen, aber auch darauf zurückführen, dass zu dieser Zeit die fermentirenden Säfte der Kopf- und Bauchspeicheldrüsen im Pfortaderblut reichlicher vertreten seien. — Neben den Wirkungen, die man aus der Zufuhr des Sauerstoffs und des Fermentes ableitet, steht es aber noch fest, das der Blutstrom während der Verdauung geradezu auch Stoffe in die Leber, die sich zur Gallenbildung zu eignen scheinen, ablagert, da nach Bidder und Schmidt sich zu dieser Zeit das Gewicht der Leber mehrt; diese Gewichtserhöhung stellt sich schon eine bis mehrere Stunden vor dem Eintritt der gesteigerten Absonderung ein. Für einen in der Leber auftretenden Gährungsvorgang führt Bernard auch das von ihm beobachtete Verschwinden bald nur des Zuckers und bald des Zuckers und Amylons an, wenn die Temperatur des Thieres um mehr als 10° nach oben oder unten von der normalen abweicht. Es wäre sehr wünschenswerth, auch das Verhalten der andern Leberbestandtheile unter diesen Umständen zu untersuchen. — Ob ausser der schon angedeuteten Wirkung auf den Blutstrom die Nerven noch anderweit in die chemischen Vorgänge der Leber eingreifen, ist unbekannt. — Die Annahme, dass das Pfortaderblut sich noch durch andere als Fermentstoffe an der Gallenbildung betheilige, z. B. durch Bestandtheile, die es aus der Milz u. s. w. mitführe, empfängt mindestens keine Bestätigung durch die Erfahrung, dass nach langsam

vorschreitender Verstopfung der Pfortader die normalen chemischen Umsetzungen sogar bis zum Erscheinen des Diabetes mellitus (Andral) bestehen können.

Seit wir durch die abschliessenden Versuche von Strecker über die Zusammensetzung und Atomgliederung der Gallensäure aufgeklärt worden sind, hat man auch Versuche gemacht, die Atomgruppen genauer zu bezeichnen, welche sich an ihrer Entstehung betheiligen. Man scheint mit Beziehung darauf allgemein der Ansicht zu sein, dass jede der beiden Säuren aus zwei Gruppen, die vorher getrennt waren, hervorgehen, einerseits aus der Cholsäure und anderseits aus Taurin oder Glycin. — Die Cholsäure glaubt Lehmann *) aus der Oelsäure ableiten zu können, welche einen andern Atomcomplex ($C_{12}H_6O_6$) aufgenommen habe. In der That ist Oelsäure ($C_{36}H_{33}O_3 + HO$) + ($C_{12}H_6O_6$) = Cholsäure ($C_{48}H_{39}O_9 + HO$); diese Annahme begründete er durch die Beobachtung von Redtenbacher, welcher durch NO_5 aus der Cholsäure, gerade so wie aus der Oelsäure, alle Glieder der Reihe $(C_2H_2)nO_4$ von der Caprinsäure abwärts und daneben andere Produkte erhielt, die sich nicht aus der Oelsäure ableiten lassen, und u. A. auch ein solches, in welchem C, H und O in ähnlichem Verhältniss stehen, wie in dem oben supponirten Paarling; er macht ausserdem geltend, dass ein Zusatz von Fett zu den Nahrungsmitteln die gallenbildende Kraft derselben erhöht. — Frerichs und Staedeler scheinen zu vermuthen, dass das Glycin aus Tyrosin, dem bekannten Zersetzungsprodukte des Eiweisses, entstehe. Tyrosin ($C_{18}H_{11}NO_6$) = ($C_4H_5NO_4 + 2HO + C_{14}H_8O_4$); Tyrosin haben sie aber, wie schon erwähnt, in solchen Lebern aufgefunden, deren Gallenbildung gehemmt war; sie scheinen zu vermuthen, dass der Abfall des Tyrosins in das Blut übergehe, denn es sind Verbindungen der Salicylgruppe im Harn mit Sicherheit nachgewiesen.

7. Leberlymphe. Sie ist eine vollkommen wasserhelle Flüssigkeit, welche gar keine Körperchen enthält (Kölliker) **). Sie ist zuckerhaltig (Bernard), ob mehr als andere Lymphe, ist unbekannt. Dem Anschein nach sind die Gefässe zur Zeit der lebhaften Gallenabsonderungen strotzender gefüllt als sonst. Woher die Lymphe ihren Ursprung nimmt, ob aus dem Blut oder aus der Flüssigkeit der Leberzelle, ist nicht bekannt.

8. Ausfuhr der neugebildeten Stoffe aus der Leber. Der Inhalt der Leberzellen entleert sich mindestens nach zwei Seiten hin, nach der einen, dem Blut, geht der Zucker und die stickstoffreichen Bestandtheile, nach der andern, den Lebergängen, die Galle. Diese Scheidung erfolgt jedoch nicht zu allen Zeiten. Wenn die Gallengänge gegen den Darm hin unwegsam sind, so tritt auch die Galle in's Blut über, und wenn das Blut sehr zuckerreich ist, so enthält auch die frische Galle Zucker. — Der Uebergang der Galle in die Gallengänge könnte durch Filtration geschehen. Der Uebergang des Zuckers in das Blut kann weder durch Filtration,

*) Physiolog. Chemie. 2. Aufl. I. Bd. 131.

**) Zeitschrift für wissenschaftl. Zoologie. VII. Bd.

noch durch gewöhnliche Diffusion vor sich gehen. Denn nach Mossler ist selbst dann noch die Galle zuckerfrei, wenn selbst nicht unbeträchtliche Mengen von Zucker in dem gesammten Blut enthalten sind. Verbreitete er sich auf dem Wege der Diffusion oder Filtration, so müsste er gleichzeitig in das Blut und die Galle eingehen. Einmal in die letztere Flüssigkeit gelangt, könnte er nicht aus ihr bis zum vollständigen Verschwinden in das Blut zurückkehren, denn dann würde er in den von Mossler beobachteten Fällen aus der verdünnteren in die dichtere Lösung diffundiren. Man sieht sich also genöthigt, an eine Anziehung zu denken, die auf irgend eine Weise vom Blut ausgeht.

Der Zucker tritt mit dem Lebervenenblut in das Herz und von dort in die Lungen. Auf diesem Wege verschwindet er rasch, so dass oft schon in dem linken Herzen nur noch Spuren desselben nachweisbar sind, wenn nicht grosse Mengen von Zucker aus der Leber traten (Cl. Bernard, Pavy).

Die Galle kommt in die Lebergänge und wird in diesen weiter befördert durch die Kräfte, welche sie in den Anfang derselben einpressten. Wir sind zu dieser Vermuthung gedrängt durch die Abwesenheit von Muskelfasern in den Wänden der Gänge, oder mit andern Worten durch die Unmöglichkeit, den Strom durch die Gänge anders zu erklären. — Anders verhält es sich mit dem Blaseninhalt; er kann nicht durch die von den Wurzeln der Lebergefässe herrührenden Drücke aus ihr gepresst werden. Man ist darum geneigt, ihrer Muskelschicht die Austreibung der Galle zuzuschreiben, und zwar um so mehr, als man zuweilen wenigstens Zusammenziehungen derselben gesehen hat (H. Meyer *), E. Brücke) **). Jedenfalls geschieht aber diese Zusammenziehung in grossen Intervallen, ähnlich den Darmmuskeln. Wie es scheint, fallen die Zeiten lebhafter Gallenabsonderung zusammen mit denen der erhöhten Erregbarkeit in den Blasenmuskeln; denn es fanden Bidder und Schmidt ***) die Blase bei hungernden Thieren immer gefüllt, bei gefütterten dagegen leer. — Auch kann ein heftiger Druck auf die Bauchmuskeln die Gallenblase entleeren. Frerichs fand sie bei Hunden, die an Erbrechen gelitten, immer leer.

---

*) De musculis in ductu effer. glandular. Berolini 1837. p. 29

**) Sitzungsberichte der Wiener Akademie. 1851. 420.

***) L. c. p. 209.

Die Galle gelangt nun weiter aus den Gängen in den Darmkanal. Hier geht abermals eine Scheidung mit ihr vor; die gallensauren Salze, die Fette, zum Theil der Farbstoff, die alkalischen Mineralsalze und das Wasser gehen in das Blut über, der andere Theil des Farbstoffs, das Cholestearin (?) und die mit dem Schleim (?) verbundenen Erdsalze werden mit dem Faeces entleert. — Der in das Blut übergegangene Theil unserer Flüssigkeit tritt zum Theil im Harn aus, insbesondere begegnet dieses dem Farbstoff und der Gallensäure, wenn sie sehr reichlich im Blut vorhanden sind, wie z. B. bei Gelbsucht und nach Einspritzung einer Lösung von krystallinischer Galle. Für gewöhnlich werden sie im Blut rasch zerlegt, so dass es nicht gelingt, sie dort aufzufinden. Dagegen finden sich Producte dieses Umsetzungsprozesses, und zwar Taurin in dem Lungen- und Nierengewebe (Cloetta) *) und Hippursäure im Harn, welche dadurch entstand, dass sich das aus der Glycocholsäure abgespaltene Glycin mit der vorhandenen Benzoësäure paarte (Ure, Wöhler, Frerichs, Kühne, Hallwachs) **). Wenn die Benzoësäure in nicht genügender Menge vorhanden, so muss das Glycin auf einem andern uns unbekannten Wege verschwinden. Die aus der Tauro- und Glycocholsäure abgespaltene Cholsäure bleibt wahrscheinlich in Verbindung mit dem Natron und geht in kohlensaures Natron über (Kühne) ***). — Eine andere Umsetzung der Gallensäuren vermuthen Frerichs †) und Staedeler; sie sollen sich zu Gallenfarbstoff umwandeln, der mit dem Harn (siehe diesen) austritt.

8. Der Leberschleim. Der Saft, welchen die Schleimdrüsen in die Lebergänge und Gallenblase ergiessen, mengt sich für gewöhnlich mit der Galle, und somit ist es bis dahin unmöglich gewesen, seine Zusammensetzung und seine Absonderungsverhältnisse zu ergründen. — Um Beides möglich zu machen, wäre es nur nöthig, den Blasengang zu unterbinden und darauf eine Blasenfistel anzulegen; es dürfte sich dann leicht herausstellen, dass mancherlei Veränderungen in der Absonderung, die man jetzt auf die Vorgänge in den Leberzellen schiebt, in den Schleimdrüsen begründet sind; namentlich deutet die stärkere Anschwellung der Blasenblutgefässe zur Zeit der Verdauung (Bidder und

*) Journal für prakt. Chemie. 66. Bd.
**) Archiv für patholog. Anatomie. XII. Bd.
***) Ibidem. XIV. Bd.
†) Klinik der Leberkrankheiten. I. Bd. 404.

Schmidt) darauf hin, dass auch dann diese Drüsen rascher absondern.

Das Wenige, was wir von dem Schleimsaft wissen, beschränkt sich darauf, dass er, wie die ihm verwandten Säfte, einen Körper enthält, der alkalisch reagirt (Bidder und Schmidt*) und die Eigenschaften und die Zusammensetzung des Mucins (Gorup)**) trägt. Da er mit der Galle in den Darm entleert wird, so theilt er dort die Schicksale des übrigen Darmschleims.

9. Ernährung der Leber. Beim Fötus nimmt den Ort der späteren Leber zuerst ein kleines, mit dem Darmrohr communizirendes Hohlgebilde ein, dessen Wandungen aus verschiedenen Zellenlagen bestehen, von denen die eine in die Epithelialschicht und die andere in die Zellenfaserschicht der Darmwandung übergeht; an der einander zugekehrten Grenze beider Lagen treten mit dem steigenden Alter des Fötus aus der Epithelialschicht neue Zellen auf, welche, indem sie sich zu netzförmig verbundenen Bälkchen anordnen, die ebenfalls an Zahl zunehmenden Zellen der Faserschicht vor sich hertreiben, so dass diese letztern immer die äusseren Flächen der Epithelialschicht umkleiden. Aus den Bälkchen gehen die Gallengänge und Leberzellen, aus den umkleidenden Zellen die Nerven, Gefässe und das Bindegewebe der Leber hervor (Bischoff, Remak). — Beim Wachsthum der Leber verhalten sich die Gefässe und das Bindegewebe derselben, so weit bekannt, wie an allen anderen Orten; wie sich dagegen die Umfangszunahme der Leberzellenregionen gestaltet, ist noch nicht hinreichend klar; am wahrscheinlichsten ist es nach den Messungen von Harting allerdings, dass nicht die Zahl, sondern der Umfang der Zellen zunimmt. Denn es verhalten sich nach ihm die Durchmesser der Leberzellen des 4monatlichen Fötus zu denen des Erwachsenen wie 1 : 4.

Die Veränderungen, welche die festen Bestandtheile der ausgewachsenen Leber und namentlich die Wandungen der Gefässe erleiden, scheinen, in Anbetracht des reichlichen Capillarnetzes auf ihnen, nicht unbeträchtlich zu sein. Dieser Schluss ist allerdings gewagt, da das arterielle Blut der Leber auch in die Capillaren der Schleimdrüsen eingeht. — Der Umfang der Leber wechselt bei einem und demselben Erwachsenen, wie es scheint, nicht unbe-

*) L. c. p. 214.

**) Liebig, Annalen. 59. Bd. 192.

trächtlich; namentlich nimmt sie beim Hungern ab und bei der Mästung sehr zu.

Hierüber giebt folgende Zusammenstellung Aufschluss:

Beobachtungsgegenstand.	Zeit nach der I. Mahlzeit in Stunden.	Verhältnisszahl zwischen Leber- und Körpergewicht.	Beobachter.
Mann von 27 Jahren . .	Kurz nach der Mahlzeit.	1 : 26,5	Frerichs.
„ „ 36 „ . .	„ „ „ „	1 : 37	
„ „ 25 „ . .	72 Stunden.	1 : 40	
Frau „ 33 „ . .	168 „	1 : 50	
Katze	3 „	1 : 30	Bidder und Schmidt.
„	12—15 Stunden.	1 : 25	
„	24—48 „	1 : 31	
„	168 Stunden.	1 : 37	

Bei chronischem Hunger, wie ihn Stricturen des Oesophagus mit sich bringen, nähert sich nach Frerichs das Verhältniss mehr wieder der Norm; er fand im Mittel von 4 Fällen = 1 : 29,5.

Der Zusammenhang zwischen der Umfangsänderung und der Gallenbildung ist schon erwähnt; ebenso dass bei einer Anhäufung des Fettes im thierischen Körper der Inhalt der Leberzellen sich beträchtlich mästet*), und zwar so weit, dass die durch Fett weit ausgedehnten Zellen die Blutgefässe zudrücken. — Die öfter ausgesprochene Annahme, dass die Leberzellen, welche an die Gallengänge grenzen, aufgelöst und an ihrer Stelle neue gebildet werden, entbehrt vorerst noch der Begründung, die um so mehr nöthig, als die Leberzellen der Säugethiere in Galle unlöslich sind (Kühne).

Speicheldrüsen.

1. Anatomischer Bau. Ein Abguss der Speicheldrüsenhöhlen besitzt bekanntlich eine grosse Aehnlichkeit mit einer sehr dicht- und feinbeerigen Weintraube (E. H. Weber, Joh. Müller). Die Grösse derselben, oder was dasselbe bedeutet, die Zahl der Beeren und die der Nebenstiele, welche in den Hauptstiel einmünden, ist sehr veränderlich. — Die Röhrenwände bestehen in den Endbläschen aus einer sehr feinen, durchsichtigen Grundhaut und einem Epithelium. Die Zellen des letztern, welche man Speichelzellen nennen könnte, sitzen dicht gedrängt und sind überall kugelig, kernhaltig. Sie füllen die Höhle des Bläschens fast vollkommen aus. In der

*) Lereboullet, Mémoire sur la structure intime de la foie etc. Paris 1853.

Parotis weicht ihr Inhalt von dem in den übrigen Speicheldrüsen etwas ab, es fehlt ihm das körnige, getrübte Ansehen, und er wird durch Wasser und Essigsäurezusatz nicht gefällt (Donders)*). In den grössern Drüsengängen ist die Grundmasse der Wand aus elastischem Bindegewebe gebildet, in das meist sehr sparsame und nur in den Unterkieferdrüsengängen häufigere Muskelzellen eingestreut sind (Kölliker). Die Epithelialzellen der grossen Gänge besitzen einen viel geringeren Durchmesser als diejenigen der Endbläschen. Man könnte die letztern Speichelzellen nennen. — Die Arterien der Speicheldrüsen verästeln sich auf den Bläschen zur Bildung eines weitmaschigen Netzes. Die kleinsten zuführenden Arterien sind mit sehr kräftigen Muskellagen versehen. — Nervenfäden erhalten die Speicheldrüsen aus den nn. trigeminus, facialis, sympathicus; in ihrem Verlauf durch die Drüse sind sie mit Ganglienkugeln belegt; die Primitivröhren verästeln sich auf ihrem Verlauf wie in den Skeletmuskeln (Donders). Ihre Enden sind der anatomischen Zergliederung noch unbekannt; der physiologischen Erfahrung zufolge verzweigt sich der Sympathicus in den Gefässmuskeln (Czermak, Cl. Bernard).

Die chemische Kenntniss der Speicheldrüsen beschränkt sich auf die Notiz, dass das Gewebe Leucin und Schleimstoffe enthält (Staedeler).

2. Blut der Speichel-, insbesondere der Unterkieferspeicheldrüse. Während der bestehenden Speichelabsonderung wurde Blut aus den beträchtlichsten Drüsenvenen und zugleich aus einem den Drüsenarterien benachbarten Zweig der Carotis aufgesammelt. Das erste enthielt 74,6, das zweite 78,0 pCt. Wasser. Das Blut kam aus der Vene hellroth hervor; es hatte also sehr rasch die Drüse durcheilt, C. Bernard**). — Während der Absonderung des Speichels steigt die Temperatur des Venenblutes (C. Ludwig).

Der Unterschied von 3,4 pCt. Wasser im arteriellen und venösen Blut dürfte nur aus einem ungleichen Körperchengehalt beider Blutadern zu erklären sein.

3. Der Blutstrom durch die Speichel-, insbesondere die Unterkieferdrüse. Ueber die Veränderungen des Strombettes von den Arterien durch die Capillaren zu den Venen und von dem absoluten Werthe der Geschwindigkeit und Spannung in den einzelnen Abtheilungen ist nichts bekannt. Die starken Muskellagen der kleinen Arterien können Veranlassung zu wesentlichen Aenderungen des

*) Onderzoekingen gedan in het physiol. laborat. Utrecht 1852—53. p. 61.

**) Leçons sur les liquides. I. Bd. 352.

Stromquerschnittes geben, welcher die Capillaren speisst. Namentlich weist Cl. Bernard nach, dass während der Reizung des Sympathicus das Blut aus den Hauptdrüsenvenen nur sehr langsam und dunkelroth, nach Durchschneidung jenes Nerven aber rasch und hellroth kommt. Bei Reizung des ram. lingualis strömt das Blut rasch und hellroth, und, wenn noch gleichzeitig der n. sympath. durchschnitten ist, oft selbst pulsirend aus der Vene.

Beispielsweise führt Bernard*) an, dass während der Reizung des n. lingualis das Blut aus der Drüsenvene um 4mal rascher ausgeflossen sei, als bei Ruhe derselben. — Die Erscheinungen bei Reizung und nach Durchschneidung des n. sympathicus erklären sich auf bekannte Weise. Die Gefässerweiterung auf Reizung des n. lingualis ist schwieriger z erklären, weil uns eine Muskulatur, welche vermöge ihrer Zusammenziehung die Gefässe erweitert, unbekannt ist; die Erklärungsgründe können also nur die Erschlaffung der Kreismuskulatur berücksichtigen; diese aber könnte eingeleitet werden entweder durch eine ähnliche Beziehung des ram. lingualis zu den Circularmuskeln, wie sie der Vagus zum Herzen besitzt, oder durch die Temperaturerhöhung, welche nach Reizung der Nerven im Blut und in der Drüse eintritt (?). — Bernard, der die erste Erklärung hinstellt, glaubt, dass ununterbrochen von beiden Nerven Wirkungen auf die Gefässe ausgehen und dass in Folge dessen ein Gleichgewicht eintrete, welches jedoch zu Gunsten bald dieses und bald jenes Nerven aufgehoben werde.

4. Speichel. Er gehört, wie im Voraus zu bemerken, zu den Säften, welche nur dann fliessen, wenn die zur Drüse gehenden Nerven geradaus oder reflectorisch gereizt werden (C. Ludwig). Die qualitative chemische Zusammensetzung des Speichels aus den verschiedenen Speicheldrüsen stimmt allerdings zwar in den meisten, aber nicht in allen Stücken überein.

a. Der Speichel der Unterkieferdrüse **) enthält unter allen Umständen Wasser, Mucin, einen eiweissartigen Extraktivstoff, dessen Eigenschaften von der Darstellungsart (nach Berzelius, Gmelin oder G. Mitscherlich) abhängig sind***), einen in Alkohol löslichen Extraktivstoff, eine Kaliseife, Chlorkalium, Kochsalz, phosphorsaure Salze, Rhodankalium und Wasser, zuweilen führt er auch schwefelsaures Kali. — Die quantitative Mischung†) des Speichels ist veränderlich: 1) mit der Zeitdauer der Reizung, resp. der Speichelabsonderung. Beginnt nach einer längern Ruhe die Speichelabsonderung wieder, so ist jedesmal der erste Tropfen durch Molekularkörnchen getrübt. Hält man die Absonderung eine Stunde und mehr im Gange und fängt den in je 10 oder 15 Minuten aus-

*) Leçons sur les liquides. II. Bd 270.

**) Bidder und Schmidt, Verdauungssäfte. p. 7.

***) Lehmann, physiolog. Chemie. II. Bd. 17.

†) Heintz, Zoochemie. p. 827.

tretenden Speichel gesondert auf, so findet sich, dass der im Beginn einer solchen Speichelungsperiode austretende Saft reicher an festen Bestandtheilen ist, als der später erscheinende; es nimmt also mit der Dauer der Speichelung der prozentische Gehalt an festen Bestandtheilen ab. Diese Verdünnung unseres Saftes ist vorzugsweise bedingt durch die Verminderung der organischen Bestandtheile; denn diese werden in einer langen Speichelungszeit bis zur Hälfte oder zum Viertel des ursprünglichen Gehaltes herabgedrückt, während der Salzgehalt sich entweder gar nicht, oder jedenfalls um viel weniger als die Hälfte, verändert (C. Ludwig, Becher)*). — 2) Diese Erscheinung muss abhängen von irgend einer Aenderung, welche in der Drüse durch die Absonderungsdauer eingeleitet wird. Denn wenn man erst die Drüse einer Seite so lange reizt, bis der ausfliessende Saft arm an organischen Bestandtheilen geworden ist und dann mit der Reizung der Drüse an der andern Seite beginnt, so gewinnt man dort anfänglich einen Speichel, der eben so reich an organischen Bestandtheilen ist, wie es der Anfangsspeichel der zuerst gereizten Drüse war, und es nimmt mit dauernder Reizung der verbrennliche Rückstand gerade so ab, wie vorher an der ersten Drüse (Setschenow, C. Ludwig). — 3) Die Zusammensetzung ändert sich mit dem gereizten Nerven**). Nach Bernard, Eckhard und Adrian ist Speichel, der nach Reizung des Sympathicus abgesetzt wird, zäher als der, den die Reizung des Facialis und Trigeminus hervorbringt. — Der auf Geschmacksreflexe ausfliessende Speichel soll weniger zäh sein als der durch die direkte Reizung des ram. lingualis ausfliessende (Bernard)***). — 5) Mit einer bedeutenden Steigerung des Kochsalzgehaltes im Blut mehrt sich der Salzgehalt des Speichels um ein Geringes; die organischen Bestandtheile erhalten sich unverändert. — Auffallender Weise erleidet dagegen die Zusammensetzung des Speichels keine merkliche Veränderung durch eine beträchtliche Vermehrung der prozentischen Menge des Blutwassers, welche man durch eine Einspritzung von Wasser in die Venen erzeugt hat (E. Becher, C. Ludwig). — 6) Ebenso unabhängig ist auch die Zusammensetzung von der Absonderungsgeschwindigkeit; der in der spätern Zeit der Speichelungsperiode gewonnene Speichel ist immer ärmer

*) E. Becher und C. Ludwig, Henle's und Pfeufer's Zeitschrift. N. F. I. Bd. 278.

**) Bernard, Leçons sur les liquides. 1859. II. Bd. 276. — Eckhard, Beiträge zur Anatomie und Physiologie. II. Bd. p. 86.

***) l. c. p. 261.

an festen Theilen als der früher abgesonderte, gleichgiltig ob der eine oder der andere rasch oder langsam, also bei grösserer oder geringerer Nervenerregung abgesondert wurde (C. Ludwig, Setschenow).

Nach den bis dahin bekannt gewordenen Bestimmungen schwanken beim Hunde in 100 Theilen: der Rückstand von 1,98 zu 0,39, die Salze von 0,79 bis 0,24, die organischen Bestandtheile von 1,26 zu 0,15. — Ein Speichel von annähernd mittlerer Zusammensetzung enthielt nach C. Schmidt: Wasser = 91,14; organische Stoffe = 0,29; Ka und NaCl = 0,45; Kalksalze = 0,12.

b. Der Speichel der Ohrdrüse unterscheidet sich von dem vorhergehenden nur dadurch, dass er Harnstoff (Poiseuille und Gobley) *) und kohlensauren Kalk enthält, während er das Mucin entbehrt (Gurlt); darum fehlt ihm der fadenziehende Aggregatzustand; seine quantitative Zusammensetzung zeigt ebenfalls grosse Variationen; eine derselben besteht darin, dass durch dauernde Absonderung das spezifische Gewicht erniedrigt, durch Ruhe aber erhöht wird (Lehmann) **). — Nach Mitscherlich bewegt sich beim Menschen der Prozentgehalt der festen Stoffe von 1,6 zu 1,4, von diesen letzteren waren 0,9 verbrennlich und 0,5 unverbrennlich; beim Hunde schwankt nach Gmelin und Mitscherlich der Rückstand zwischen 2,6 bis 0,5 pCt. — Ueber das ungefähre Verhältniss der Salze zu einander giebt die nachstehende Analyse von C. Schmidt Rechenschaft: Wasser = 99,53; organ. Stoffe = 0,14; Ka und NaCl = 0,21; $CaOCO_2$ = 0,12.

c. Der Speichel der Unterzungendrüse enthält, wenn er durch Druck entleert wird, die sogen. Speichelkörperchen, kleine, kugelige, gekörnte, kernhaltige Zellen (Donders) ***).

d. Mundspeichel. Der Speichel der Sublingual-, Lingual-, Lippen- und Backendrüsen ist noch nicht gesondert untersucht worden. Trotzdem lässt sich aussagen, dass seine Zusammensetzung nicht wesentlich abweiche von derjenigen der untersuchten Speichelsorten, weil nämlich der Mundspeichel, oder das Gemenge aus den Säften aller Speicheldrüsen, wie es aus der Mundhöhle gewonnen werden kann, annähernd gleich mit jenen constituirt ist. Die einzigen wesentlichen Unterschiede, die sich finden, bestehen nach Berzelius, Gmelin, Schmidt, Frerichs, L'héritier

*) Compt. rend. Bd. 49. p. 164.

**) Physiolog. Chemie. II. Bd. p. 12.

***) Physiologie des Menschen. Leipzig 1856, I. 181.

und Lehmann darin, dass der Mundspeichel losgestossene Epithelialzellen der Mundschleimhaut (Speichelzellen) und phosphorsaures Natron enthält.

Der Mundspeichel, welchen man zu verschiedenen Zeiten auffängt, kann nach den schon mitgetheilten Erfahrungen nicht gleichartig zusammengesetzt sein; dieses haben in der That Cl. Bernard, C. Schmidt, Wright und Donders bestätigt. Donders*) hat den Speichel der Mundhöhle vor und nach dem Fressen aufgefangen und aus der Analyse desselben das unerwartete Resultat erhalten, dass der erstere weniger feste Bestandtheile enthielt als der letztere. Ebenso giebt Wright an, dass der menschliche Speichel nach dem Essen specifisch schwerer sei als vor demselben.

In 100 Theilen wechselt sein fester Rückstand zwischen 1,35 bis 0,35.

Ungewöhnliche Speichelbestandtheile. Wenn man in das Blut Jodkalium bringt, so zeigt sich dieses im Speichel wieder, und zwar sehr bald (Cl. Bernard)**). — Blutlaugensalz kommt unter gleichen Bedingungen nicht in ihm vor (Haugstedt***), Cl. Bernard). Wurde das Blutlaugensalz in die Höhlung der Speicheldrüse selbst eingespritzt, so verschwand es nach kurzer Zeit (Cl. Bernard). — Zucker geht niemals in den Speichel über, selbst nicht bei Diabetes (Cl. Bernard).

5. Speichelwärme. Der nach Reizung des ram. lingualis aus der Unterkieferdrüse fliessende Speichel ist mit dem Thermometer bis zu 1,5° C. wärmer gefunden worden als das im Ursprung der anderseitigen Carotis fliessende Blut; der Temperaturunterschied zu Gunsten des Speichels war um so grösser, je rascher derselbe aus dem Gange floss (C. Ludwig, A. Spiess).

Bei der Messung der Temperaturen wurde auf folgende Weise verfahren (siehe umstehend Fig. 52):

*) Onderzoekingen gedan in het physiologish laboratorium. Utrecht. 1852—53. p. 66.

**) Leçons sur les liquides etc. II. 250.

***) Friedleben, die Physiologie der Thymusdrüse. 1858. 98.

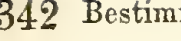


Fig. 52.

Der Hg-Behälter eines feinen, in $^1/_{10}{}^0$ getheilten Thermometers *a* wird in den senkrechten Schenkel *b* des ⊥ förmigen Röhrchens eingesetzt. In den vom Thermometergefäss freigelassenen fast capillären Raum dieses Schenkels dringt der Speichel aus dem Arm *c*, der in das Drüsenende des Ganges gebunden ist, und er fliesst aus dem gebogenen Arm *d* weiter. Der Arm *e* des horizontalen Schenkels ist ein solider Stift, der in das Mundende des Speichelganges eingebunden wird, um die Lage der Canüle zu sichern. Ein zweiter, genau mit dem Speichelthermometer verglichener Wärmemesser wird in die Carotis bis zum Brustbein eingeschoben und dort eingebunden. Die zahlreichen Vorsichtsmaassregeln, die dieser Versuch verlangt, werden an einem andern Orte veröffentlicht werden.

6. Absonderungsgeschwindigkeit des Speichels. Der Speichel fliesst aus den Drüsen-Bläschen in die Ausführungsgänge nicht zu allen, sondern nur zu gewissen Zeiten über. Insofern darf man die Absonderung eine periodische nennen. Es könnte jedoch auch

möglich sein, dass während der sogen. Speichelruhe ein oder mehrere Stoffe aus dem Blut in den Drüsenraum abgesetzt würden, die dort so lange verweilten, bis sie von dort mit Hülfe derjenigen Speichelbestandtheile ausgewaschen würden, welche nur zeitweise aus dem Blut abgeschieden werden. Dann würde man sagen, die Absonderung einzelner Speichelstoffe ist eine zwar langsame, aber stetige, diejenige anderer eine raschere, aber nur zeitweilige. Ist diese letztere Unterscheidung begründet, so müssen alle oder wenigstens Antheile der organischen Stoffe zu jenen gehören, welche stetig abgesondert werden, während das Wasser und die alkalischen Neutralsalze die zeitweilig erscheinenden Stoffe sind. Die so eben hingestellte Annahme findet ihren bedeutendsten Rechtfertigungsgrund in der Thatsache, dass die beim Beginn des periodisch eintretenden Speichelausflusses hervortretende Flüssigkeitsmenge in 100 Theilen reicher an organischem Rückstande sind, als die später hervorgehenden; somit könnte man annehmen, dass die zu jener Zeit in die Drüse tretende Salzlösung den schon früher vorhandenen löslichen organischen Stoff ausgewaschen hätte. Dabei bleibt es aber bedenklich, dass die Ausflussgeschwindigkeit des Speichels aus den Gängen, oder anders ausgedrückt, dass die Zeit des Verweilens jener Lösung in den Drüsenbläschen ohne Einfluss auf die Zusammensetzung ist. Jedenfalls ergiebt sich aber aus dem Vorstehenden, dass die Ausscheidung der organischen Stoffe einerseits und die der Salze und des Wassers anderseits nicht mit gleicher Geschwindigkeit erfolgt und dass uns nur über die Absonderungsgeschwindigkeit der letzteren etwas auszusagen möglich ist.

Die Absonderungsgeschwindigkeit des Wassers und der Salze ist abhängig von einer bestimmten, aber noch nicht näher bekannten Anordnung der Drüsenelemente, der Zusammensetzung des Bluts und der Erregung gewisser Nerven (C. Ludwig)*). a) Die Nerven, deren Erregung die Absonderung beeinflusst, verlaufen im ram. III. n. trigemini (ram. lingualis, auriculo-temporalis (?) (Rahn)**) und mylohyoideus (Cl. Bernard)***); ferner im n. facialis (chorda tympani, rami parotidei posteriores) (Rahn)

*) Henle's und Pfeufer's Zeitschrift. Zweite Folge. I. 255.

**) ibidem. 285.

***) Leçons sur liquides. II. Bd. 303. — Der berühmte Pariser Akademiker beschreibt seit Jahren Versuche, welche längst vor ihm von Dr. Rahn in meinem Laboratorium ausgeführt sind. Da Herr Bernard, wie er wiederholt gezeigt, einen feinen Sinn für literarisches Eigenthum besitzt, so kann sein Stillschweigen über die wahren Urheber jener Versuche nur aus seiner Unbekanntschaft mit jenen Beobachtungen abgeleitet werden.

und im Halsstrang des n. sympathicus (C. Ludwig, Czermak)*), im nervus glossopharyngeus (Rahn). — b) Von diesen Nerven wirken einige geradezu auf die Drüse, d. h. die Absonderung wird hervorgerufen, auch wenn ihr vom Hirn oder Rückenmark getrennter Stamm gereizt wird; die hier gehörigen Nerven verlaufen in der Bahn des n. trigeminus, facialis und sympathicus und enden in den Drüsen selbst. Ein anderer Theil der vorhin genannten Nerven wirkt reflectorisch, es sind die in der Mundschleimhaut sich verbreitenden sensiblen Aeste des n. trigeminus und glossopharyngeus. — c) Wird einer der geradaus wirkenden Nerven durch den tetanisirenden Induktionsstrom gereizt, so beginnt nicht sogleich mit der Reizung die Absonderung, und nach Schluss der Reizung hört sie nicht immer alsbald auf. Die Dauer der Nachwirkung scheint mit dem Erregbarkeitsgrade der Drüsen zu wachsen (C. Ludwig). — d) Gleichstarke Induktionsschläge erzeugen nicht von allen Nerven aus gleichstarke Absonderung. Am mächtigsten wirkt durch die Unterkieferdrüse der n. facialis, am schwächsten der n. sympathicus (C. Ludwig). — e) Werden gleichzeitig der ram. lingualis und der n. sympathicus gereizt, so wird zuerst die Absonderung in der Unterkieferdrüse rascher, alsbald aber viel weniger rasch als nach Reizung jedes einzelnen Nerven (Czermak). — f) Die normalen Erregungen der Speichelnerven treten willkürlich zugleich mit den Kaubewegungen und reflectorisch nach Geschmacksempfindungen ein. Die Kaubewegungen sollen vorzugsweise die gl. parotis, die Geschmacksreflexe die gl. submaxillaris zur Absonderung veranlassen (Cl. Bernard). — g) Elektrische Schläge, die geradezu in die Drüsen eintreffen, erzeugen keine Absonderung. — h) Thiere, die mit Curare vergiftet sind und durch künstliche Respiration am Leben erhalten werden, speicheln ununterbrochen (Bernard). Kölliker**) fand dieses nicht bestätigt. — i) Die Anwesenheit von sauerstoffhaltigem Blute unterstützt die Absonderung; hält man die stärkste der Venen, welche aus der gl. submaxillaris hervorgehen, zu, und erregt gleichzeitig den ram. lingualis, so hört allmählig die Speichelabsonderung auf; öffnet man die Vene, so fliesst ein schwarzes (also sauerstofffreies) Blut aus; hat sich dieses entleert und ist durch anderes, aus der Arterie nachrückendes ersetzt, so lockt die Nervenreizung den Speichel wieder hervor. Aus diesen Gründen kann die Beschleunigung des Blutstroms, namentlich der

*) Wiener akadem. Sitzungsberichte. XXV. 8.

**) Virchow's Archiv. X. Bd. 20.

dadurch herbeigeführte Blutwechsel, die Absonderungsgeschwindigkeit steigern.

Die Absonderungsgeschwindigkeit bestimmte man entweder durch Wägen des in der Zeiteinheit abfliessenden Speichels, oder durch Messung des ausfliessenden Volums durch ein getheiltes Rohr, das man an die Speichelcanüle setzt. Genauer endlich misst man die Aenderungen der Absonderungsgeschwindigkeit durch den in Fig. 52 gezeichneten Apparat. — Der Speichel entleert sich aus dem Röhrchen *c d* in den Kautschukschlauch *f* und von da gegen die Decke des umgestürzten Glases *g*. Das Glas selbst ist mit Quecksilber gefüllt; dieses wird durch den eintretenden Speichel verdrängt und fliesst durch das Röhrchen *h* aus. Die ausfallenden Tropfen gelangen durch den Trichter *i* in das Kölbchen *k*. Dieses Kölbchen, welches in einer senkrechten Führung (*l l*) geht, hängt an einer Spiralfeder aus Messing *m m*. In dem Maasse, wie Speichel ausfliesst, mehrt sich also das Gewicht des Kölbchens und damit die Ausdehnung der Feder; die Verlängerung der Feder misst also das Speichelvolumen, vorausgesetzt, dass man das Verhältniss zwischen Federausdehnung und Gewichtsvermehrung kennt. Die zur Fixirung der Absonderungsgeschwindigkeit nöthige Zeitbestimmung giebt die kreisende Trommel, auf welche die Kielfeder *o* schreibt; sie ist am Kölbchen befestigt. — Alle auf dem einen oder andern Wege gefundenen Zahlen sind nur vergleichbar, insofern sie aus einer Drüse genommen sind. — Der Versuch, allgemein vergleichbare Zahlen zu erhalten, indem man die jeweilig ausgeflossene Menge durch das Gewicht der nach dem Tode gewogenen Speicheldrüse dividirt hätte, ist aus leicht begreiflichen Gründen unterblieben.

Die mittlere tägliche Speichelmenge ist unzweifelhaft sehr verschieden nach der Festigkeit, Schmackhaftigkeit, Menge der Speisen u. s. w. Um ungefähre Anhaltepunkte zu gewinnen, dient das Folgende:

Mitscherlich konnte aus einer Fistel des duct. stenonianus eines kränklichen, sehr mässig lebenden Mannes täglich ungefähr 100 Gr. auffangen. Bidder und Schmidt waren im Stande, in einer Stunde, während welcher sie weder schmeckten noch kauten, 100—120 Gr. aus dem Munde zu entleeren. Wenn während der ganzen Zeit des Wachens (17 Stunden) ihre Speichelabsonderung mit derselben Geschwindigkeit vor sich geht, so würden sie täglich mindestens 1700 bis 2000 Gr. Speichel abgesondert haben. In welchem Maasse die Bewegungen der Kiefer-, Zungen- und Lippenmuskeln erhöhend auf die Absonderung wirkten, wie sich die Absonderung während des Essens steigert, ist nicht zu ermitteln.

4. Speichelbereitung. Die organischen Bestandtheile und insbesondere das Mucin des Speichels sind nicht im Blute vorgebildet, man muss sie darum als eine Neubildung im Innern des Drüsenraums ansehen. Da man nun das Mucin in den Epithelialzellen der Drüsenbläschen aufgefunden hat, so ist Donders *) geneigt anzunehmen, dass sich das Mucin durch Auflösung der Zellenwandung in dem alkalisch reagirenden Speichel bilde; er stützt seine

*) l. c. p. 67.

Meinung durch eine Beobachtung von Frerichs, wonach verdünnte alkalische Lösungen im Stande sind, die Epithelien zu einer schleimigen Flüssigkeit zu lösen; ferner darauf, dass frischer Speichel bei 37° C. in 24 Stunden die in ihn gebrachten Epithelialzellen aus den Bläschen der Speicheldrüsen vollständig löse, während mit Essigsäure neutralisirter Speichel sie unberührt lasse; für seine Ansicht spricht auch die Erfahrung von Staedeler*), dass bei der Zersetzung mit SO_3 kein Körper der Eiweissgruppe so viel Tyrosin liefert, als die Epithelialzellen und der gereinigte Schleimstoff. Hiergegen wäre das Bedenken zu erheben, dass die Parotis kein Mucin liefert, obwohl die Wandung ihrer Epithelialzellen und die aus ihr hervortretende Salzlösung, so weit wir es wissen, nicht abweicht von der Mucin liefernden Submaxillaris. — Die alkalisch reagirende Salzlösung des Speichels wird offenbar direkt aus dem Blute bezogen. Der Uebertritt derselben aus den Blutgefässen in die Drüsenräume wird angeregt durch die Nerven, und zwar muss man annehmen, dass sie eine Veränderung der Drüsensubstanz bewirken, welche einen Flüssigkeitsstrom aus dem Blute in den Drüsenanfang zu bewerkstelligen vermag. Diese Behauptung gründet sich darauf, dass bei anhaltender Nervenerregung aus den Ausführungsgängen in ununterbrochenem Strom ein die Drüse weit übertreffendes Volum von Speichel ausfliesst (E. Becher, C. Ludwig), also kann der etwa in der Drüse enthaltene Saft nicht ausgedrückt worden sein. Und ferner ist auch der Druck, unter dem die Flüssigkeit in die Drüse geliefert wird, oft sehr viel höher als derjenige, welcher zur Zeit in der a. carotis besteht, und noch mehr, es kann selbst, die Erregbarkeit der Nerven vorausgesetzt, Speichel abgesondert werden aus der Parotis eines abgeschnittenen Kaninchenkopfes, also wenn der Blutstrom vollkommen still steht (C. Ludwig). Daraus geht hervor, dass der Blutdruck nicht die Ursache der Flüssigkeitsströmung in die Drüsenanfänge sein kann. Zu diesem Vorgang steht vielleicht in näherer Beziehung die chemische Umsetzung, welche in der Drüse zugleich mit der Speichelabsonderung auftritt, eine Umsetzung, die sich durch die gesteigerte Wärmebildung als eine Oxydation ankündigt. Diese letztere wird wahrscheinlich begünstigt durch die Beschleunigung des Blutstroms, welche ebenfalls zugleich mit der Speichelabsonderung eingeleitet wird. Sie versorgt die Drüse

*) Chemisches Centralblatt. 1859. p. 710.

stets mit so viel arteriellem Blut, dass trotz des gesteigerten Sauerstoffverbrauchs das Blut noch hellroth aus der Vene fliesst. Beides, der vermehrte Sauerstoffverbrauch und die arterielle Farbe, also ein vermehrter Sauerstoffgehalt des Venenblutes, ist möglich, wenn während der Absonderungszeit die Geschwindigkeit des Blutstroms rascher zunimmt als der Sauerstoffverbrauch.

Nehmen wir, um den letztern Satz zu erläutern, an, es ströme zu allen Zeiten in die Drüse ein Blut mit 15 pCt. Sauerstoff. Nehmen wir nun den von Bernard beobachteten Fall als Paradigma an, wonach während der Drüsenruhe aus der Drüsenvene 5 C.C., während der Speichelabsonderung aber 20 C.C. Blut ausflossen. Nehmen wir weiter an, das langsam strömende Blut komme mit 0,0 pCt. O in die Vene, während der Absonderungszeit aber noch mit 8 pCt., wobei das Blut noch arteriell aussieht. Im ersten Fall würden dann in der Drüse 0,75 C.C., im letzten dagegen 1,4 C.C. O verbraucht sein. Jedenfalls würde es in Anbetracht der gesteigerten Wärme gewagt sein, die helle Farbe des Venenblutes von einem verminderten Sauerstoffverbrauch abzuleiten.

Dass die von Bernard beobachtete Aenderung des Blutstroms nicht wesentlich für die Speichelbildung ist, geht, abgesehen von allem Uebrigen, daraus hervor, dass die Reizung des Sympathicus wie des Lingualis die Speichelung hervorrufen, obwohl die eine den Blutstrom verlangsamt, die andere ihn belebt.

Die von Czermak beobachtete Thatsache, dass gleichzeitige Reizung des r. lingualis und n. sympathicus die Absonderung still stellt, erklärt man durch Interferenz der Nervenerregung, oder durch Stockung des Blutstroms und endlich durch Verstopfung der Speichelgänge mittelst des zähen Saftes nach der Sympathicusreizung. Zwischen diesen Probabilitäten kann noch nicht entschieden werden. — Ohne jeglichen Erklärungsversuch sind bis dahin die behaupteten Thatsachen geblieben, dass Curarevergiftung die Speichelabsonderung beschleunigt und dass sich mit der Art des gereizten Nerven die chemische Zusammensetzung des Speichels ändern soll.

5. Die Austreibung des Speichels aus den Bläschen und Gängen wird unzweifelhaft besorgt durch die Kräfte, welche ihn in erstere eintreiben; denn einmal fehlt den Drüsenelementen jede selbstständige Beweglichkeit, und dann genügt der Absonderungsdruck der Aufgabe vollkommen, da er unter Umständen einer Säule von mehr als 200 M.M. Hg-Druck das Gleichgewicht hält.

Nachdem der Speichel in die Mundhöhle getreten, wird er durch Schlingbewegungen in den Magen niedergebracht, wo er grösstentheils in das Blut zurücktritt. Wir werden ihn bei der Verdauungslehre auf diesem Wege wieder aufsuchen.

6. Die Ernährungserscheinungen des fertigen Drüsengewebes bieten die Aehnlichkeit mit denen der Muskeln, dass dasselbe bei einer dauernden Hemmung der Absonderung, wie sie z. B. in Folge der Unterbindung der Ausführungsgänge auftritt, allmählig zu Grunde geht; namentlich wird ihm die Fähigkeit geraubt, Speichel zu liefern. Etwas weiteres ist nicht bekannt.

Schleimdrüsen.

Zu ihnen zählt man die Schleimdrüsen der Mundhöhle, des Rachens, der Speiseröhre, der Gallengänge, die Brunn'schen Drüsen; die Drüsen der Schneider'schen Haut, des Kehlkopfes, der Bronchien, der Harnblase, der Harnröhre (Cowper'sche und Littre'sche) und der Scheide.

1. Diese Gebilde haben in der Anordnung ihrer Höhlen weder etwas Gemeinsames, noch etwas Charakteristisches. — Eine grössere Zahl derselben gehört nämlich zu den traubigen Drüsen, die dann auch in allen Stücken den Speicheldrüsen gleichen; ein anderer Theil, wie die der Harnblase, sind einfache Schlauchdrüsen, und die Littre'schen endlich nähern sich in ihrer Form, durch die Weite und den gezogenen Verlauf der Endbläschen den Samendrüsen an. — Die Struktur der Wandungen ist dagegen bei allen diesen Drüsen diejenige, welche den Speicheldrüsen zukommt. Diesen Mangel an anatomischer Charakteristik ersetzte bis vor Kurzem scheinbar ein gemeinsames physiologisches Merkmal, die Absonderung eines eigenthümlichen Stoffes, des Schleims; dieses ist aber ebenfalls durch genauere Beobachtungen aufgehoben. Alle diese Drüsen sondern allerdings Schleimstoff ab, aber diese Eigenschaft theilen sie mit noch andern, z. B. der gl. submaxillaris, und sogar mit Flächen, welche gar keine Drüsen enthalten, wie die Synovialhaut.

2. Schleimsaft*). In den Absonderungen der erwähnten Drüsen hat man constant gefunden: Schleimstoff, Extrakte, sämmtliche Salze des Bluts und Wasser, zuweilen auch Eiweiss. — Die quantitative Zusammensetzung der einzelnen Säfte ist aber zu wenig untersucht, um bestimmen zu können, wie sie sich zu verschiedenen Zeiten verhalten und ob oder wie die verschiedenen Drüsensäfte von einander abweichen.

---

*) Berzelius, Chemie. IX. Bd. 534. — L'héritier, l. c. 581 und 642. — Scherer, Chemische Untersuchungen. p. 93. — Tilanus, De saliva et muco. Amst. 1840. p. 56. — Lehmann, Physiol. Chemie. II. Bd. 354. — Nasse, Journal f. prakt. Chemie. XXIX. 59.

Die Schwierigkeiten, die sich der Untersuchung entgegenstellen, sind ausser den allgemeinen noch vorzugsweise darin zu suchen, dass es theils nicht gelingt, die Säfte rein zu erhalten. Der Nasenschleim mischt sich z. B. mit den Thränen, der des Mundes mit dem Speichel u. s. w.; theils aber wird der Schleim in zu geringer Menge abgesondert, um für Analysen hinzureichen, so namentlich in der Scheide. Wir verzichten darum auf weitere Angaben und verweisen auf die Analysen von Berzelius, Nasse, Scherer und L'héritier.

Thränendrüsen.

1. Anatomischer Bau *). Zu dieser Drüsengattung zählt man die über der äussern Seite des bulbus oculi gelegenen Drüsen, welche das obere Augenlid durchbohren und sich auf der Conjunctiva öffnen, und die Krause'schen Drüsen, welche unter der Conjunctiva, und zwar an ihrer Umbiegungsstelle vom Bulbus auf die Lider liegen. Sie gleichen in ihrem Bau den Speicheldrüsen vollkommen. Ihre Nerven empfangen sie aus dem ersten (und zweiten?) Aste des Trigeminus und dem n. patheticus (Curié) **).

2. Thränen ***). Sie bestehen aus einem eiweissartigen Stoff, Schleim, Spuren von Fett (welches aus den Epithelien der Drüsenröhre stammt), $NaCl$, phosphorsauren Erden und Alkalien und aus Wasser. Die Reaktion der Flüssigkeit ist alkalisch. Nach Frerichs enthielten Thränen, welche in reichlicher Menge abgesondert wurden, zwischen 0,8 und 0,9 feste Bestandtheile in Lösung; die Aschenprozente variirten zwischen 0,42 und 0,54, welche vorzugsweise aus $NaCl$ und aus sehr geringen Mengen phosphorsauren Alkalien bestehen (Vauquelin, Fourcroy, Frerichs). Die Erdphosphate waren an den eiweissartigen Stoff gebunden. In 100 Theilen einer aus der Thränendrüse von Arlt †) aufgefangenen Flüssigkeit fand Lerch 98,2 Wasser; 1,3 $NaCl$; 0,02 $NaO\,CO_2$, $CaO\,SO_3$ und $3CaO\,PO_5$; 0,5 Albumin.

3. Die Absonderungsgeschwindigkeit der Thränen variirt mit leidenschaftlichen Erregungen der Seele und reflektorischen Erregungen, die von der Oberfläche der Conjunctiva, der innern Nasenfläche und dem Opticus (?) ausgehen. Sie ist vermehrt bei Anfällen von Trigeminusschmerz, während des Absterbens der Thiere nach Curarevergiftung (Cl. Bernard) oder nach dem Nackenstich; letzteres besonders bei Pferden.

---

*) W. Krause, Henle's und Pfeufer's Zeitschrift. N. F. IV. Bd. 337.

**) Brown-Séquard, Journ. de phys. I. 805.

***) Frerichs, Wagner's Handwörterbuch der Physiologie. III. Bd. 1. Abthl. 617. — Arlt, Archiv für Ophthalmologie. I. 2. 137.

†) Archiv für Ophthalmologie. I. 2. 136.

Da die Drüse analog der Speicheldrüse gebaut ist, da die Thränen wesentlich mit dem Parotisspeichel übereinstimmen und die gesteigerte Absonderung unter denselben Bedingungen wie in der Speicheldrüse auftritt, so kann man nicht anstehen, unsere Drüsen für eine Modifikation der Speicheldrüsen zu halten.

4. Die aus den Ausführungsgängen getretenen Thränen *) verbreiten sich über die Conjunctiva, gelangen in den sogen. Thränensee und von da durch die Thränenpunkte in den Thränensack.

Ueber die Weise, wie sie zu den letztern kommen und von ihnen gehen, ist Bd. I. p. 347 nachzusehen. Zu dem dort Gemeldeten ist noch nachzutragen eine sorgsame Arbeit von Henke, welche nachweist, dass das ligam. palpebrale intern. in der Ruhelage des m. orbicular. palpebar. der Grube des Thränenbeins ausfüllt und damit zugleich die Höhle des Thränensacks zum Verschwinden bringt. Diese Lage kann dem Ligamentum angewiesen werden durch die Elastizität des Bandes, oder durch die Zusammenziehung des Horner'schen Muskels, der bekanntlich von dem Kamm des Thränenbeins entspringt und an der hintern Fläche des Sacks theils zum lig. palpeb. intern., theils auf die hintere und vordere Fläche des Tarsus läuft, so dass seine Fasern die Thränenröhrchen zwischen sich aufnehmen. Aufnahme und Ausstossung der Thränen in und aus dem Sack stellt man sich demgemäss so vor: bei der Zusammenziehung des m. orbicularis, wie sie beim Lidschlag erfolgt, hebt sich das innere Augenlidbändchen aus der Thränengrube nach vorn und aussen hervor, und damit auch die vordere Fläche des Thränensacks, die mit dem Bändchen verwachsen ist. Dadurch öffnet sich die Höhle des Sacks und saugt die Thränen an (Roser). Dieser Satz, den die anatomische Anordnung verlangt, wird noch bewiesen durch die Erfahrung, dass der Tropfen, welcher in einer Thränenfistel steht, gegen die Höhle des Sacks emporsteigt, wenn das Lid geschlossen wird (Roser), und dass bei sonst ganz normalen Verhältnissen Thränenträufeln eintritt, wenn der m. orbicularis gelähmt ist (Arlt). Die Thränen, welche in den Sack gelangt sind, werden von dort wieder weggeschafft, so wie sich die vordere Wand des Sackes der hintern nähert. Dieses soll geschehen, wie Henke will, durch eine Zusammenziehung des Horner'schen Muskels, die jedesmal nach Lösung der Verkürzung des m. orbicular. palpebrar. eintreten soll; für diese Annahme liegt jedoch kein Beweis vor; ebenso, wenn nicht wahrscheinlicher, ist es anzunehmen, dass das bei der Zusammenziehung des Augenlidschliessens gespannte Bändchen nach dem Nachlass des letztern durch seine Elastizität wieder in die Höhle zurückschnappt und die Thränen in die Nase schiebt. Dort verdunsten sie in der Luft, welche bei der Einathmung durch die Nase strömt.

Ein Eindringen von Nasenschleim in den Thränencanal wird verhütet durch eine Klappe, die sich an der Mündung des letzteren in der Nase vorfindet.

Bauchspeicheldrüse.

1. Der anatomische Bau des Pankreas gleicht im Wesentlichen dem der Kopfspeicheldrüsen; unterschieden ist er dadurch, dass die

*) Henke in Graefe's Archiv für Ophthalmologie. IV. Bd. Abth. II. — Henle, Muskellehre. 140. — Maier, Ueber den Bau der Thränenorgane. 1856. — Arlt, Archiv für Ophthalmologie. I. 2. 136.

beiden Ausführungsgänge der Drüsen vor ihrer Ausmündung communiziren (Verneuil). — Die Nerven erhält es aus den plex. coeliacus, hepaticus, lienalis, mesenteric. superior. (Verneuil)*).

2. Chemische Zusammensetzung der Drüse**). Aus dem wässerigen Auszug derselben wird gewonnen: Tyrosin, Leucin (Frerichs, Staedeler, Virchow), ein Homologon des Leucins ($C_{10}H_{11}NO_4$, Gorup), Guanin ($C_{10}H_5N_5O_2$, Scherer), flüchtige fette Säuren und Milchsäure (Gorup).

In dem während eines bis zu mehren Tagen sich selbst überlassenen Auszug kommt ein Körper vor, der ausser andern Reaktionen sich mit Chlorwasser oder salpetriger Säure roth färbt. Einen Stoff mit ganz denselben Eigenschaften stellte Bödeker aus Eiter und Exsudatflüssigkeiten dar; er erklärt diesen Körper, den er seiner sauren Eigenschaften wegen Chlorrhodinsäure nennt, für identisch mit dem des Pankreas und seines Saftes.

3. Bauchspeichel***). Seiner chemischen Zusammensetzung nach besteht er aus einem besondern eiweissartigen Fermentkörper, der gekochtes Amylon in Dextrin umwandelt und aus Butyrin Buttersäure darstellt, einem butterartigen Fett, Leucin, Chlor, Schwefelsäure, Phosphorsäure, Kohlensäure, Kali, Natron, Kalk, Eisenoxyd und Wasser. — Er stellt eine klare, klebrige, alkalisch reagirende, mit Säuren brausende Flüssigkeit dar. — Die quantitative Zusammensetzung des Bauchspeichels ist, so weit wir wissen, bis zu einem gewissen Punkte veränderlich mit der Absonderungsgeschwindigkeit; die Veränderungen betreffen vorzugsweise das Verhältniss zwischen dem Wasser und den organischen Stoffen. Der prozentische Gehalt an Wasser nimmt innerhalb gewisser Grenzen mit der Absonderungsgeschwindigkeit zu, jenseits derselben hält er sich aber unverändert, wie auch die Saftmenge anwachsen mag. So fiel beim Hunde der prozentische Wassergehalt von 98 auf 94, als die in der Minute abgesonderte Saftmenge von 0,5 Gr. bis zu 0,05 Gr. abnahm; und es hielt sich dagegen der Wassergehalt unverändert auf 98, als das Gewicht des in der Minute ab-

---

*) Gazette médicale. 1851. No. 25 und 26.

**) Frerichs und Staedeler, Züricher Verhandlungen. IV. Bd. 1855. — Virchow, dessen Archiv. VII. Bd. — Gorup, Chem. Centralblatt. 1856. 385. — Scherer, Virchow's Archiv. 1859. — Cl. Bernard, Leçons de physiologie. II. Bd. 1856. p. 245 sqq. und 362. — Bödeker, Henle's und Pfeufer's Zeitschrift. N. F. VI. Bd. 198.

***) Bidder und Schmidt, die Verdauungssäfte, Mitau 1852. 240. — Frerichs, Artikel Verdauung in Wagner's Handwörterbuch. III. a. 842. — Berzelius, Handbuch der Chemie. IX. Bd. — Weinmann, Henle's und Pfeufer's Zeitschrift. N. F. III. Bd. 247. — C. Schmidt, Liebig's Annalen. 92. Bd. 33. — Kröger, de succo pancreatico. Dorpat. 1854. — Kölliker und Müller, zweiter Bericht über die physiologische Anstalt. Würzburg. 1856. — Hoppe, Virchow's Archiv. XI. Bd. 96. — Cl. Bernard, Mémoire sur le pancreas et sur le role du sucpancréatique etc. Paris. 1856.

gesonderten Saftes von 0,5 auf 2,2 Gr. wuchs (Weinmann). — Aehnlich den beim Kopfspeichel beobachteten Verhältnissen kommt auch hier die Veränderlichkeit des Rückstandes vorzugsweise auf Rechnung der organischen Bestandtheile. Denn in den von Gmelin, Frerichs und Schmidt veröffentlichten Analysen des Saftes vom Hund, Schaaf und Esel wechselte der Gehalt an organischen Rückstandsprozenten von 9,0 bis zu 1,3, und derjenige der Salzmasse nur zwischen 1,0 bis 0,7. — Die Zusammensetzung gestaltet sich in den Grenzfällen nach Schmidt (beim Hunde I. und II.) und nach Frerichs (beim Esel III.) folgendermaassen:

		I.	II.		III.
	Wasser . . =	90,08	98,04	Wasser . . . . . =	98,64
	Organ. Stoffe =	9,04	1,27	Organ. Stoffe . . =	0,05
Mit d. Ferment verbunden.	Natron . . . =	0,06	0,33	Lösliche Salze . =	0,89
	CaO . . . . =	0,03	—	Unlösliche Salze =	0,12
	MgO . . . . =	—	0,01		
	Na Cl . . . =	0,74	0,21		
	KaO . . . . =	Spuren	0,07		
	$3 CaO PO_5$. =	0,01	0,04		
	$3 MgO PO_5$. =	Spuren	0,01		
	$3 NaO PO_5$. =	Spuren	—		

Aus dem stark erweiterten Gang der Pankreas einer stark ikterischen Person sammelte F. Hoppe 5,6 Gr. Saft, der in 100 Theilen 2,6 pCt. festen Rückstand und darunter 0,12 pCt. Harnstoff enthielt. Hoppe wirft die Frage auf, ob der letztere nicht beständig im Pankreassaft vorkomme.

4. Die Absonderungsgeschwindigkeit des Bauchspeichels ist a) von der Nahrung abhängig, jedoch nicht in dem Grade, dass sie bei vollkommener Entziehung derselben Null würde. Weinmann beobachtete, dass ein Hund in der ersten Stunde nach einer reichlichen Nahrung = 97,8 Gr. Pankreassaft, nach 45 stündigem Hungern aber in derselben Zeit nur 0,48 Gr. lieferte. Kroeger fand die Saftmenge des Hundes für je eine Stunde in der ersten Stunde nach der Nahrung = 24,9 Gr.; in der 2ten = 17,58; in der 3ten bis 6ten = 14,6; in der 7ten bis 9ten = 11,43; in der 10ten bis 14ten = 10,7; in der 19ten bis 24sten = 6,66. — Die Beschleunigung der Absonderung macht sich so rasch geltend, dass $^1/_4$ bis $^1/_2$ Stunde nach dem Genuss von fester Nahrung und einige Minuten nach dem Genuss von Wasser (Weinmann) schon das Maximum der Geschwindigkeit erreicht ist; der absolute Werth der erzeugten Geschwindigkeitserhöhung scheint der Menge der genossenen

Nahrung proportional zu gehen und ist nach dem Fressen bedeutender, als nach dem Saufen. In Folge dieser Erfahrungen statuirten Bidder und Schmidt die Beziehungen zwischen der Absonderung des alkalischen Bauchspeichels und des sauren Magensaftes, dass mit der steigenden Bildung des letzteren auch die des ersteren zunehme. — b) Während der Brechbewegung stockt die Absonderung des Bauchspeichels (Weinmann, Cl. Bernard). — c) Die Absonderungsgeschwindigkeit wird weiterhin bestimmt durch gewisse, nicht näher gekannte Zustände der die Bauchspeicheldrüse umgebenden Organe, wie sie insbesondere erzeugt werden durch Eröffnung der Unterleibshöhle; nach einer solchen Operation stockt die Absonderung fast vollständig.

Zur Gewinnung des Saftes legt man entweder temporäre (Tiedemann, Leuret und Lassaigne, Frerichs u. s. w.) oder dauernde (C. Ludwig) Fisteln des Wirsung'schen Ganges an. Unmittelbar nach der Operation erhält man nur bei Grasfressern reichliche Saftmengen. Bei Hunden fliesst in den ersten Tagen nach derselben nur sehr wenig eines an organischen Bestandtheilen sehr reichen Saftes aus, und erst später wird der Ausfluss reichlicher. Darum eignen sich temporäre Fisteln gar nicht zur Untersuchung der Absonderungserscheinungen. Das Umgekehrte behaupten Bernard und Longet, indem sie dauernde Fisteln für ungeeignet halten; sie nehmen nämlich an, dass der Saft, welcher einige Tage nach der Operation ausfliesst, von einer kranken Drüse abgesondert werde. Hierfür liegen jedoch keine Beweise vor, wohl aber für das Gegentheil ihrer Meinung. Von vorne herein ist es schon viel wahrscheinlicher, dass die Unterleibsorgane des Hundes unmittelbar nach der Operation gestört sind, und dafür bürgt auch die zu jener Zeit ganz erloschene Fresslust. Dafür, dass der später abgesonderte Saft aus einer gesunden Drüse komme und normal sei, sprechen zunächst die Beobachtungen von C. Schmidt, denen gemäss der aus permanenten Fisteln fliessende Saft seiner qualitativen Zusammensetzung nach als ein normaler Bauchspeichel angesehen werden muss, denn er emulsionirt und zerlegt neutrale Fette und verdaut Amylon, wie ich bestätigen kann. Das Bedenken der französischen Physiologen wird ferner widerlegt durch die Beobachtung (Weinmann), dass derselbe Hund je nach dem Füllungszustande seines Magens bald mehr, und zwar verdünnten, bald weniger, und zwar conzentrirten Saft absondert. Zudem findet sich bei der Sektion solcher Hunde, die dauernde Fisteln getragen, auch nicht eine Spur von anatomischer Abweichung im Pankreas, und ebenso beseitigt die Fresslust und die normale Kothbildung, welche Hunde mit Pankreasfisteln darbieten, die Annahme, dass eine Krankheit der Verdauungsorgane bestehe. Auch ist die Menge des Abgesonderten in gar keinem Missverhältniss zum Umfang der Drüse.

Ein absoluter Werth für die Geschwindigkeit der Absonderung (Quotient aus dem Gewicht des Pankreas und des in der Zeiteinheit abgesonderten Bauchspeichels) kann nicht gegeben werden. Statt dessen substituirt man etwas willkürlich den Quotient aus dem Gewicht des ganzen Thieres in das Gewicht des in der Zeiteinheit gelieferten Saftes. Nimmt man nach Schmidt unter Anwendung dieser Berechnungsweise das Mittel aus sämmtlichen zu verschiedenen Zeiten und bei verschiedenen

Fütterungsarten angestellten Beobachtungen eines und desselben Thieres, so erhält man für die drei Hunde, deren Saft er aus permanenten Fisteln auffing:

Nr. des Versuchs.	Körpergewicht.	Mittlere Saftmenge in der Stunde.	pCt.-Gehalt des Saftes		1 Kilogr. Thier liefert stündlich			
			an festen Stoffen.	an organ. Stoffen.	Saft.	Rückstd.	organ. Stoffe.	unorgan. Stoffe.
1. Hund.	8 Kilogr.	40,24	2,16	1,27	5,03 Gr.	0,106	0,063	0,043
2. „	18 „	55,98	1,99	1,11	3,11 „	0,061	0,035	0,026
3. „	20 „	67,74	2,45	1,58	2,99 „	0,730	0,047	0,083

Aus dieser Zusammenstellung geht hervor, dass ein Thier von geringem Körpergewicht verhältnissmässig mehr Wasser durch das Pankreas ausgiebt, als ein solches von grössern, und dass diese Beziehung zwischen den festen Bestandtheilen nicht besteht. — Unter diesen Umständen möchte es gewagt sein, die Beobachtungen am Thier auf den Menschen zu übertragen. (Siehe auch Müller und Kölliker l. c.)

5. Die Bereitung des Bauchspeichels. Der fermentartige Körper dürfte in den Zellen des Epitheliums entstehen; wenigstens ist er durch mikrochemische Reaktion in diesem, bis dahin aber noch nicht im arteriellen Blut nachgewiesen. Zu den vielfachen Aehnlichkeiten zwischen der Absonderung des Kopf- und Bauchspeichels, welche schon erwähnt sind, kommt noch die fernere, dass in den Zeiten, in welchen die Ausscheidung des pankreatischen Saftes lebhaft ist, die Drüse von den erweiterten Capillaren röthlich gefärbt ist, während zur Zeit der Absonderungsruhe die Färbung eine blasse ist. Aber auch hier führt die Gefässerweiterung nicht nothwendig zur Saftbildung; denn wenn man die Drüse eines Thieres, das in der Magenverdauung begriffen ist, blosslegt, so findet man sie wohl roth, aber es fliessen kaum einige Tropfen von Saft aus ihrem Gange.

Alle diese Uebereinstimmungen machen es wahrscheinlich, dass die Absonderung im Pankreas auf ähnliche Weise wie in der Kopfspeicheldrüse geschieht, und dass sich namentlich die Schleimhaut des Magens, resp. die seines Pförtnertheils, ähnlich zum Pankreas verhält, wie die der Mundhöhle zu den Kopfspeicheldrüsen. Einen Grund gegen diese Annahme könnte man schwerlich daraus nehmen wollen, dass es bisher noch nicht gelang, die Absonderungsnerven des Pankres aufzufinden. Denn es setzen sich der Lösung dieser Aufgabe darum besondere Schwierigkeiten entgegen, weil nach Eröffnung der Bauchhöhle die Absonderung aus noch unbekannten Gründen überhaupt stockt. Uebrigens ist Grund zur Vermuthung vorhanden, dass die Reizung des n. vagus hierbei eine Rolle spielt; denn wenn man an einem Thier, das eine pankreatische Fistel

trägt, den centralen Stumpf des durchschnittenen n. vagus durch Induktionsschläge reizt, so stockt sogleich der Ausfluss des Saftes.

6. Ausstossung des Bauchspeichels. Den Gängen fehlen Muskeln, also muss die Austreibung des Saftes durch die Kräfte geschehen, welche ihn in die Drüsen führen, welche oft stark genug sind, um ihn in einem Strahl austreten zu lassen. In dem Duodenum mengt er sich mit dem sauren Magensaft, wird neutralisirt und wirkt verändernd auf die Speisen. Da dem Koth der Fermentkörper fehlt, so muss dieser in das Blut zurückkehren, zugleich mit den reichlichen Wassermengen, welche er mit führt; indem sich das Ferment dem Blut der Pfortader beimengt, soll es in der Leber verändernd auf die Amyloide derselben wirken; diese Anschauung ist noch hypothetisch. Die Bedeutung, welche er für die Verdauung gewinnt, ist später zu behandeln.

7. Ueber die Ernährung der Drüsen ist ausser der Formfolge bei der ersten Entwickelung wenig bekannt. Die unterbundenen und durchschnittenen Drüsengänge stellen sich leicht wieder her.

Magendrüsen.

In die Magenwände sind zwei Drüsenarten eingebettet, die sich durch ihre Form wenig, durch ihre absondernden Kräfte aber bedeutend unterscheiden (Wassmann).

A. Labdrüsen.

1. Anatomischer Bau *). Die Labdrüsen erstrecken sich von der Cardia bis zum Pförtner. In dieser Ausdehnung ist die Schleimhaut des Magens ausgehöhlt von so dichtgedrängten Drüsenschläuchen, dass von der Substanz nur äussert wenig übrig bleibt. Die Lichtung dieser Drüsen ist nahe an der innern Magenoberfläche cylindrisch; gegen die Bindegewebshaut des Magens hin, wo die Höhle blind endigt, ist sie seitlich mit rundlichen Ausbuchtungen versehen (Sprott Boyd, Henle). Meist sind die Höhlen vom Grund bis zur Mündung hin einfach, und nur zuweilen, namentlich in der unmittelbaren Nähe der Cardia, münden mehrere solcher Drüsenschläuche durch eine Oeffnung in den Magen aus (Bischoff, Kölliker). — Die Wand ist durchweg durch eine strukturlose Haut dargestellt, deren innere Fläche nahe an der Drüsenmündung

*) Henle, in seiner und Pfeufer's Zeitschrift. N. F. II. Bd. 299. — E. Brücke, Berichte der Wiener Akademie. 1851. — H. Frey, Henle's und Pfeufer's Zeitschrift. IX. Bd, 315. — Kölliker, Handbuch der Gewebelehre. 2. Aufl. 423. — Donders, Onderzoekingen in het phys. Laborator. to Utrecht. 1852—53. p. 70.

von einem Cylinderepithelium und von da ab bis zum blinden Ende mit einer kugeligen Zellenformation, den Labzellen, bedeckt ist. Der Binnenraum dieser letztern ist ausgefüllt durch einen Kern und und eine trübe Flüssigkeit. In dem Grunde der Drüsen findet sich statt der Labzellen öfter auch nur eine körnige Masse mit eingestreuten kleinen Zellen, welche dem Ansehen nach den Kernen der Labzellen vollkommen gleichen (Sprott Boyd, Frerichs). — Um die Drüsen ist in der Schleim- und Zellhaut des Magens ein langer, glatter Muskel geschlagen; er besteht aus einem Geflecht von Muskelzellen, welche theils nach der Längen- und theils nach der Querrichtung der Drüsenschläuche verlaufen und, unmittelbar an die strukturlose Haut derselben sich anschliessend, sie bis in die Schleimhaut hinein verfolgen (E. Brücke). — Die Blutgefässe beziehen ihr Blut aus den Arterien, welche in die Zellhaut des Magens eindringen; aus dieser treten feine Aestchen empor mit der allgemeinen Richtung gegen die Magenoberfläche. Indem sie sich an die Drüsen anschmiegen, zerfallen sie in feine Capillaren, welche, netzförmig sich verbindend, die Drüsenschläuche umspinnen. Diese Netze schicken darauf stärkere Zweige gegen die Schleimhautoberfläche, wo sich dieselben von neuem zu grössern Maschen anordnen, aus denen endlich die Venen hervorgehen (H. Frey).

2. Labsaft*). Obwohl die Gewinnung des reinen Labsaftes in grösserem Maasstab bis dahin nicht gelungen ist, so hat man doch vermocht, einige chemische Eigenthümlichkeiten desselben nachzuweisen.

Den Labsaft, resp. einzelne seiner Bestandtheile gewinnt man auf zwei verschiedene Weisen. 1) Man schneidet die Stellen der Magenschleimhaut, in welche die Labdrüsen eingebettet sind, aus, spült sie mit Wasser und presst dann entweder die Flüssigkeit ab, oder man zieht die Stücke mit Wasser aus; oder man knetet unter Wasser die letztern zwischen Leinwand, durch die Maschen gehen die Labzellen hindurch; diese setzen sich im Wasser zu Boden und können dann weiter behandelt werden. Auf diesen Wegen erhält man vorzugsweise das Pepsin (Schwann, Brücke). — 2) Man legte bei Thieren Magenfisteln an (Blondlot) oder benutzte die seltenen Fälle, in denen bei Menschen Magenfisteln vorkommen (Beaumont, Smith, Schmidt). Da nun aber in dem Magen enthalten sind: Speisereste, Speichel, Schleim aus den Drüsen des Oesophagus und des Magens selbst, so gewinnt man auch

*) Berzelius, Lehrbuch der Chemie. IX. Bd. 1840. 205. — Frerichs, Artikel Verdauung in Wagner's Handwörterbuch. III. Bd. — Lehmann, Physiol. Chemie. II. Bd. p. 39. — Bidder und Schmidt, Verdauungssäfte. p, 29. — Schmidt, Liebig's Annalen 92. Bd. 42. — Grünewaldt, Succi gastrici humani indoles. Dorp. 1853. p. 42. — Schröder, Succi gastrici humani vis digestiva. Dorp. 1853. p. 34. — F. Smith, Journal de physiologie par Brown-Séquard, I. 146. — E. Brücke, Wiener akadem. Sitzungsberichte. 27. Bd. 131. — Busch, Virchow's Archiv. XIV. Bd.

auf diesem Wege den Labsaft nicht rein. Um ihm aber wenigstens das Uebergewicht über die andern Gemengtheile zu verschaffen, hat man den Inhalt des Magens bei hungernden Thieren aufgefangen, nachdem man vorgängig von der Fistelöffnung aus den Magen mit Wasser ausgespült hatte. Dadurch sicherte man sich vor allzugröblichen Verunreinigungen mit Speisen (Bidder und Schmidt, Heintz). — Um den Speichel ganz oder theilweise zu eliminiren, legte Bardeleben neben der Magenfistel auch noch eine Speiseröhrenfistel an, durch welche der verschlungene Speichel nach aussen abfloss, oder es wurden die Ausführungsgänge der wesentlichen Speicheldrüsen unterbunden (Bidder und Schmidt). — Eine Ausschliessung des Magen- und Speiseröhrenschleims aus dem Labsaft ist also noch nicht versucht worden. In keinem Fall genügt daher die gewonnene Saftart, um alle Eigenschaften der Labflüssigkeit festzustellen, aber sie reicht hin, um diejenigen derselben aufzudecken, welche ihm vor dem Schleim und Speichel zukommen, und zwar so weit, als uns die Zusammensetzung dieser letztern bekannt ist.

Dem Labsaft kommen als eigenthümliche Stoffe zu: ein besonderer Körper, das Pepsin, welches in Ermangelung anderer Kennzeichen dadurch charakterisirt wird, dass es unter Betheiligung verdünnter Säuren feste Eiweisskörper sehr rasch löst (Eberle, Schwann); der Labsaft enthält ferner Salmiak, Chlorcalcium und freie Säuren, namentlich Salz-, Milch- und Buttersäure; Salzsäure ist entweder allein oder mit wenig Milchsäure vermischt gefunden worden in dem Saft, der aus dem seit vielen Stunden nüchternen Magen genommen wurde (Gmelin, Prout, Schmidt). War dagegen der Saft aus dem gefüllten Magen gewonnen, so ist immer Milchsäure, zuweilen mit Buttersäure vermischt, vorhanden; die Salzsäure fehlte dann entweder ganz, oder es waren nur Spuren derselben vorhanden (Lehmann, Schmidt, Heintz, Bernard und Barreswil, Smith). Dieser Befund blieb nun derselbe, gleichgültig ob der Magen mit entfetteten Knochen, Amylaceen oder Fleisch gefüllt war; auch blieb der Erfolg unabhängig von der Gattung des untersuchten Individuums. Man könnte sich entschliessen, den Unterschied der Säure des gefüllten und nüchternen Magens dadurch zu erklären, dass man annähme, es werde ursprünglich immer nur Salzsäure abgesondert, dass diese aber nur dann als solche erscheinen könnte, wenn nicht zufällig andere Salze im Magen vorhanden seien, die von der Salzsäure nicht angegriffen würden. Da nun nach dem Genuss von Fleisch und Mehlspeisen milchsaure Salze im Magen nothwendig vorkommen müssen, so würde sich aus ihrer Zersetzung durch das ClH die beständige Anwesenheit der Milchsäure erklären lassen. Woher kommt aber diese Säure bei der Nahrung aus entfetteten Knochen? Dieser Gegenstand verlangt also eine neue Untersuchung.

Das Pepsin ist geradezu in dem Inhalt der Labzellen aufgefunden worden (Frerichs), und zwar in neutralem Zustande (Brücke). — Um eine Vorstellung von dem relativen Gehalt eines beliebigen Saftes an Pepsin zu gewinnen, verfährt Brücke folgendermaassen. Er ermittelt die Zeit, welche die Volumseinheit einer sehr verdünnten Lösung mit dem Säuregehalt von 0,1 pCt. bedarf, um einen Würfel aus geronnenem Eiweiss von bekannten Dimensionen zu lösen. Diese Pepsin-Lösung betrachtet er als Normalflüssigkeit, er setzt ihren Pepsingehalt gleich dem der Einheit. Um nun zu bestimmen, um wie viel reicher eine andere Flüssigkeit an Pepsin sei, verdünnte er ein bekanntes Maass derselben so lange mit Säure von 0,1 pCt., bis die Volumeinheit den bekannten Eiweisswürfel wieder gerade so geschwind auflöst, wie die Normallösung. Das Volum verdünnter Säure, welches er zur Volumeinheit der verglichenen Lösung setzen musste, um ihre Verdauungskraft auf diejenige der Normallösung herabzudrücken, giebt an, um wie vielmal der Pepsingehalt der ersten Lösung den der Normallösung übertrifft. — Ueber die häufige Anwesenheit der Salzsäure in dem Labsaft der Menschen und Thiere kann nach den Versuchen von C. Schmidt kein Zweifel mehr bestehen; er bestimmte nämlich aus der frischen Flüssigkeit die Menge des Chlors und Ammoniaks und aus der Asche des eingetrockneten Saftes die Menge der Basen. Es reichte der Gehalt an Ammoniak und festen Basen nicht hin, um das ganze Gewichts des Chlors zu sättigen; er zeigt zugleich, dass gewöhnlich keine andere freie Säure vorhanden gewesen sein konnte, indem zur Neutralisation des frischen sauren Saftes, dessen Gehalt an freier Salzsäure er kannte, gerade so viel Basis nöthig war, als die freie Salzsäure zur Darstellung eines neutralen Salzes bedurfte. — Lehmann dagegen fand Milchsäure im Magen von Hunden, die er nach vorgängigem Hungern mit entfetteten Knochen gefüttert und 10 bis 15 Minuten danach getödtet hatte. Ueber die Natur der von ihm gefundenen Säure kann kein Zweifel bestehen, weil sie durch die Elementaranalyse festgestellt wurde. Ebenso traf Heintz in einer erbrochenen Flüssigkeit Milchsäure an, und Schmidt selbst konnte in dem mit Zucker, Eiweiss u. s. w. verunreinigten Magensaft, welcher aus der von ihm beobachteten Magenfistel eines Menschen genommen war, keine freie Salzsäure, wohl aber Butter- und Milchsäure auffinden; Smith fand Milchsäure und Spuren von Salzsäure.

Ob und wie die Zusammensetzung des reinen Labsaftes veränderlich ist, muss dahingestellt bleiben; die Thatsache, dass der Mageninhalt bald sauer und bald alkalisch reagirt, kann ihren Grund begreiflich eben so gut finden in einer veränderlichen Zusammensetzung des Labsaftes, als auch in einer ungleich reichlichen Absonderung der verschiedenen (alkalischen und sauren) Säfte, welche in den Magen entleert werden.

3. Absonderungsgeschwindigkeit. Da man zu allen Zeiten in dem Magen Pepsin und nur zeitweise eine freie Säure antrifft, so wäre es möglich, dass sich das erstere fortwährend bildet; die Absonderung der Säure geschieht dagegen offenbar nur periodisch. Die Menge von saurer und pepsinhaltiger Flüssigkeit, welche in der Zeiteinheit, und zwar sichtlich aus den zu Tage gelegten innern Wandflächen des Magens ausgestossen wird, ist sehr veränderlich. Zur Zeit, in welcher der Magen leer oder nur mit verschlucktem

Speichel gefüllt ist, wird gar kein Saft aus den Drüsenmündungen geliefert. Dieses geschieht aber sogleich, wenn in den leeren Magen beliebige feste oder flüssige nervenerregende Stoffe (Speisen, Steine, Pfeffer, Kochsalz u. s. w.) eingebracht werden, ja nach Bidder und Schmidt *) selbst dann, wenn man hungrigen Thieren (deren Speichelgänge unterbunden waren) Nahrungsmittel vorhält, ohne sie ihnen zum Fressen zu geben. Daraus schliessen wir nun, dass die Absonderungsgeschwindigkeit mit der bestehenden Nervenerregung des Magens steigt..

Wenn man dagegen statt der sanften mechanisehen Erregung eine heftigere eintreten lässt (Beaumont), oder noch mehr, wenn man den Cardiatheil des Magens durch elektrische Schläge dahin bringt, dass er Erbrechen einleitet, so hört augenblicklich eine bis dahin bestandene Absonderung des Magensaftes auf; also scheint die Drüse auch ihre Hemmungsnerven zu besitzen.

Die täglich ausgeschiedene Menge von Pepsin und Säure ist nicht einmal schätzungsweise zu bestimmen.

Der von Bidder und Schmidt ausgegangene Vorschlag, aus dem verdauenden Vermögen von Pepsin und Säure und der Menge der wirklich im Magen verdauten Speisen auf die Menge des täglich abgesonderten Saftes zu schliessen, ist im Prinzip unhaltbar (vid. 1. Aufl. II. Bd. 248). Denn es ist indess von Brücke erwiesen, dass die verdauende Kraft des Magensaftes nicht bloss von seinem Gehalt an Pepsin und Säure, sondern auch noch von andern Beimengungen, z. B. der des löslichen Eiweisses, abhängig ist.

4. Bereitung des Labsaftes. a) Das Pepsin geht aus den Labzellen hervor; denn dort finden wir es schon reichlich, und zwar als neutralen Körper vor (Frerichs, Brücke). Ausserdem aber erscheint es in keinem Körpertheil mehr, ausgenommen in den Flüssigkeiten des Magens, welche, bevor sie auf die Magenoberfläche gelangen, die Drüsen durchsetzten. Der Vorrath von Pepsin, welcher in der Drüse angehäuft liegt, ist ein relativ sehr bedeutender (Brücke); denn es kann ein geschlemmter Magen, oder statt dessen die aus ihm ausgeknetete Zellenmasse einer sehr grossen Menge von Flüssigkeit verdauende Fähigkeiten verleihen. In schwach angesäuertem Wasser (mit 0,1 pCt. Säure) ist es reichlicher löslich als in reinem Wasser (Brücke). — Da das reine Pepsin uns unbekannt ist, so verhält es sich natürlich gerade so mit der Mehrzahl seiner chemischen Beziehungen und seiner Zusammensetzung.

*) l. c. p. 32.

Dennoch hat man sich angewöhnt, es als ein Glied oder wenigstens als einen Abkömmling der Eiweissgruppe anzusehen, und zwar nur darum, weil viele Fermente, und für ein solches hält man auch das Pepsin, aus den Eiweissstoffen hervorgehen.

Man hat behauptet, dass Pepsin, welches, mit verdünnter Salzsäure versetzt, längere Zeit hindurch mit einem Eiweisskörper in Berührung blieb, diesen letztern allmälig in Pepsin umwandle. Wäre dieses der Fall, so müsste man, wie dieses mit der Hefe möglich ist, im Stande sein, in's Endlose Pepsin zu erzeugen mit Hülfe einer geringen Menge, die ursprünglich aus dem Magen genommen wurde. Brücke zeigte jedoch, dass diess nicht der Fall ist; denn indem er Pepsin mit Fibrin und verdünnter Säure mischte und dann nach einiger Zeit einen Theil dieses ersten Gemisches wieder zu Fibrin und verdünnter Säure brachte, und darauf wieder einen Theil dieses zweiten zum drittenmal zu einer sauren Flüssigkeit mit den Fibrinflocken goss u. s. f., sah er, dass in der zweiten Uebergiessung schon viel langsamer verdaut wurde als in der ersten, und in der dritten langsamer als in der zweiten, und dass endlich ein Glas späterer Ordnung gefunden wurde, in welchem die Säure das Fibrin gar nicht mehr gelöst hatte.

b) Magensäure. Wenn der Labsaft freie Salzsäure enthält, so kann diese nur aus der Zerlegung einer neutralen Chlorverbindung hervorgegangen sein; wie, bleibt problematisch, da die verschiedeutlich ausgesprochene Annahme, es finde eine elektrolytische Zerlegung eines Chlorsalzes im Magen statt, doch immer nur eine wahrscheinliche Unterstellung ist. — Eine andere Säure, welche Brücke nach dem Tode in den bis dahin neutralen Drüsen entstehen sah, ist vielleicht Michsäure; denn es bildet sich die genannte Säure an sehr vielen Orten des todten und lebenden Thieres, also gehört sie zu denen, auf welche zu achten wäre. Dringender macht sich Folgendes geltend: als Brücke den wohl ausgewaschenen Drüsenmagen der Vögel mit verdünnter Schwefelsäure kochte, gewann er aus ihm einen Stoff, der sich in seinen reduzirenden Eigenschaften ganz wie Zucker verhielt; damit wäre also im Magen ein Körper aufgedeckt, der zur Bildung von Milchsäure Veranlassung geben könnte.

Der Ort, an welchem sich die freie Säure des Magens während des Lebens meist und ausschliesslich aufhält, ist die Magenoberfläche (Cl. Bernard, Brücke). Dieses wird einfach dadurch bewiesen, dass die vorsichtig ausgeschnittenen Drüsenkörner des selbst mit saurer Flüssigkeit gefüllten Magens neutral oder sehr schwach sauer reagiren (Brücke). Es kommt jedoch auch der Fall vor, dass die Drüsenkörner stark sauer sind, trotzdem dass die Magenoberfläche, wie z. B. nach Injection von Magnesiamilch, vollkommen neutral ist.

Demnach muss die Säure entweder nur auf der Magenoberfläche gebildet werden, oder wenn dieses im Innern der Drüse geschieht, so muss sie nach ihrer Bildung rasch aus der Drüse gestossen, oder die dort verbleibende muss durch die Alkalien des Blutes wieder rasch neutralisirt werden. Die Säure, welche man einige Zeit nach dem Tode in den Drüsen der in Verdauung begriffenen Thiere findet, ist also dahingekommen entweder in Folge von Leicheninfiltration, oder in Folge einer Neubildung nach dem Tode, und sie tritt jetzt dort frei auf, weil die neutralisirenden Alkalien fehlen.

Die Absonderung des Labsaftes ist eine periodische; sie wird angeregt, oder, wenn sie vorhanden war, unterdrückt durch Umstände, welche wir als Nervenreize kennen. Daraus schliessen wir, dass die Absonderung von irgendwelchen Nerven aus eingeleitet werde; wo diese Nerven verlaufen, ist unbekannt. Nach Durchschneidung der n. vagi am Hals hat man allerdings öfter Gelegenheit, Verdauungsstörungen zu beobachten; aber es steht aus zahlreichen Versuchen auch fest, dass bei Thieren, welche jene Operation länger überlebten, der Mageninhalt noch sauer reagirt, und dass die in den Magen eingebrachten Speisen verdaut werden. Panum*) sah auch durch die Magenfistel die Absonderung 10 Stunden nach Durchschneidung des n. vagus wiederkommen.

Während der Absonderung des Saftes füllen sich die Blutgefässe des Magens, so dass sich die neutrale Oberfläche des letztern schön roth färbt; diese Füllung kann als ein Förderungsmittel, nicht aber als die Ursache der Absonderung betrachtet werden, denn es ist oft der Magen stark roth gefärbt, ohne dass Labsaft abgesondert wird.

5. Die Ausstossung des Saftes aus den Drüsen kann mindestens unter dem Einfluss der Brücke'schen Muskelschicht geschehen. Frerichs hat die Meinung ausgesprochen, dass bei der Entleerung des Saftes die Labzellen in den Magen gespült würden; durch die Untersuchungen von Kölliker und Donders ist dieselbe dahin beschränkt worden, dass die Ausführung der ganzen Zellen nicht zu den nothwendigen Ereignissen gehöre, da nach geschlossener Verdauung, also zu einer Zeit, in welcher die reichlichsten Ausleerungen aus den Drüsen stattgefunden haben müssten, die Drüsen noch durchweg mit Zellen gefüllt sind. — Der Saft, welcher in den Magen gelangte, wird dort mit den andern Säften

*) Meissner's Jahresbericht für 1856. 351.

und den durch ihn veränderten Speisen in den Zwölffingerdarm geführt.

B. Schleimdrüsen des Magens.

Der anatomische Bau dieser Drüsen nähert sich sehr dem vorher beschriebenen an; der wesentlichste Unterschied zwischen Beiden besteht einmal in dem Mangel seitlicher Ausbuchtungen der schlauchförmigen Höhle und der Epithelialbildung auf der Grundhaut; in den Schleimdrüsen ist sie nämlich mit einem Cylinderepithelium belegt, welches dem in der innern Magenfläche vollkommen gleicht (Wassmann). Gegen den Pylorus ist der einfache Schlauch öfter getheilt, d. h. es münden durch eine Oeffnung mehrere Drüsenröhren in den Magen; diese Anordnung bildet den allmäligen Uebergang zu den Brunn'schen Drüsen des Duodenums (Donders).

Der Saft, welchen sie absondern, enthält Mucin, das nach Schrant und Donders aus den sich allmälig auflösenden Epithelialzellen hervorgeht; Pepsin sondern sie nicht ab (Wassmann, Goll) und wahrscheinlich auch keine freie Säure.

C. Der Magensaft.

Das Gemenge aus dem Speichel, dem Schleim und dem Labsaft, welche sich in den Magen ergiessen, verdient als ein wichtiges Verdauungsmittel noch der Erwähnung.

Die chemische Zusammensetzung desselben ist natürlich so mannigfach veränderlich, je nachdem der Erguss des einen oder andern Drüsensaftes überwiegt, dass sich allgemeine Regeln über dieselbe selbst dann nicht aufstellen lassen, wenn auch eine Verunreinigung durch Speisen fern gehalten worden ist. Das Einzige, was man constant beobachtet hat, besteht darin (Schmidt, Bidder und Grünewaldt), dass nach längerem Entbehren von Nahrung, beim Menschen also jedesmal nach dem Erwachen aus dem Schlafe, der Magen eine stark schleimhaltige, alkalisch reagirende Flüssigkeit in sich fasst, während nach dem Genuss von Speisen oder irgendwelchen andern festen Körpern eine saure Flüssigkeit in ihm vorkommt. Schmidt hat bei der schon erwähnten Frau mit einer Magenfistel die Flüssigkeit aufgefangen und zerlegt, welche in dem Magen enthalten war, nachdem die Frau Morgens nüchtern einige Erbsen verschlungen hatte. Im Mittel aus zwei wenig von einander abweichenden Analysen ergab sich: Wasser = 99,44; Ferment mit Spuren von Ammoniak = 0,32;

Salzsäure = 0,02; Chlorcalcium = 0,01; Kochsalz = 0,15; phosphorsaure Erden = 0,06.

Die mittlere Menge des Saftes, welche stündlich im Magen abgesondert wird, schätzt Grünewaldt bei der vorgenannten, 53 Kilo schweren Frau auf 0,584 Kilo, und somit in 24 Stunden auf 14,0 Kilo. Zu dieser Zahl, die ihrer Grösse wegen Aufsehen erregte, gelangt er folgendermaassen. Er führte durch die Fistelöffnung 62 mal in verschiedenen, von dem zuletzt genommenen Mahl ungleich weit abstehenden Zeiten ein Röhrchen ein, liess dieses während ungleich langer, aber jedesmal bekannter Zeit liegen, wog das Ausgeflossene, berechnete dann aus jeder Beobachtung unter Voraussetzung, dass das Ausströmen gleichmässig angedauert haben würde, die stündliche Ausflussmenge und zog endlich aus den 62 berechneten Stunden das stündliche Endmittel. Von diesem zog er 65 Gr. ab, weil es ihm aus anderm Grunde wahrscheinlich war, dass die Frau in der Stunde so viel Speichel gebildet und verschluckt hatte. — Die verbleibenden 0,584 Kilo hält er nun eher für ein zu geringes, als für ein zu hohes Maass des stündlichen Saftes; denn wenn auch das während der Beobachtungszeit Ausgeflossene nicht sämmtlich während derselben abgesondert wäre, sondern zum Theil aus dem Vorrath stamme, der von frühern Absonderungen und von den genossenen Speisen herrühre, so werde doch das hieraus abzuleitende Mehr weithin dadurch ausgeglichen, dass dem Mageninhalt zum Ausfliessen neben der engen Mündung des Röhrchens noch die weite Oeffnung des Pylorus übrig bleibe; so viel fremde Zumischung zu dem Magensaft durch das Röhrchen zuwachse, so viel reiner Magensaft werde also auch mindestens durch den Pförtnermund davongehen.

Diese Betrachtungen werden aber widerlegt durch die Beobachtungszahlen von Grünewaldt selbst. Unter 54 seiner Beobachtungen (die andern sind nicht zur Erörterung geeignet) finden sich 8 mit einer Beobachtungszeit von 5 Minuten; 5 mit einer solchen von 10 Min.; 14 von 15 Min.; 27 von 30 Min. Berechnet man für jede der genannten Zeit die mittlere stündliche Ausflussmenge, so geht hervor aus der 5 Minuten langen Reihe = 2,20 Kilo, aus der 10 minutlichen = 0,91 Kilo, aus der 15 min. = 0,52 Kilo, aus der 30 min. = 0,30 Kilo. Die einzige Erklärung für dieses Verhalten, dass das Stundenmittel mit der abnehmenden Beobachtungszeit wächst, liegt darin, dass die aus dem aufgehäuften Vorrath abgezapfte Flüssigkeitsmenge das während der Beobachtung wirk-

lich Abgesonderte weitaus übertroffen habe. Jedenfalls müssen die aus der kurzen Beobachtungszeit berechneten Werthe bei der Bildung des Gesammtmittels ganz vernachlässigt werden. Verwendet man demnach nur die 30 Minuten langen Beobachtungen zur Ableitung der täglichen Saftmenge, so gewinnt man unter Beibehaltung der Grünewaldt'schen Speichel-Correction in 24 Stunden 5,6 Kilo, also etwa 1/3 seines Tagesmittels. Aber auch diese Zahl ist noch viel zu gross, und zwar, abgesehen von andern, aus folgendem Grunde: Busch hatte Gelegenheit, eine Frau zu beobachten, die im obersten Theil des Dünndarms eine Fistel von solcher Art besass, dass das, was den Magen verlassen hatte, sammt der Galle und dem Bauchspeichel durch sie entleert wurde. In diesem Fall konnte man dasselbe gewahren, was vom Hunde schon längst bekannt ist, dass nämlich der Ausfluss aus dem Magen viele Stunden, namentlich aber in der Nacht ganz unterbrochen war. Also darf man zur Herstellung des täglichen Mittels nicht so verfahren, dass man das während der Absonderungszeit gefundene Stundenmittel mit 24 vervielfacht. Aus alle dem folgt, dass man die tägliche Magensaftmenge selbst bei der von Grünewaldt beobachteten Frau nicht kennt und sie auch nicht einmal, selbst wenn man sehr gewagte Voraussetzungen machen wollte, ableiten kann.

Analysen von möglichst speichelfreiem und von stark speichelhaltigem Magensaft des Hundes gaben Bidder und Schmidt.

1. Mittel aus 9 Analysen; die Hunde waren in 8 Fällen mit Fleisch gefüttert, die wesentlichsten Speichelgänge unterbunden; der Saft wurde aus dem leeren Magen nach vorgängiger Erregung des Magens durch mechanische Mittel aufgefangen.

2. Bei einem wie vorher behandelten Hund, dessen n. vagi durchschnitten waren.

3. Mittel aus 3 Analysen bei Fleisch- und Pflanzendiät; Speichelgänge nicht unterbunden.

4. Speichelgänge nicht unterbunden; 12 bis 24 Stunden vorher die n. vagi durchschnitten.

	Wasser	Ferment	ClH	KaCl	NaCl	CaCl	NH_3Cl	$3CaO\,PO_3$	$MgO\,PO_5$	$Fe_2O_3PO_5$
1.	97,30	1,71	0,31	0,11	0,25	0,06	0,05	0,17	0,02	0,01
2.	97,18	1,57	0,20	0,08	0,14	0,01	0,45	0,30	0,04	0,03
3.	97,12	1,73	0,23	0,11	0,31	0,17	0,05	0,23	0,03	0,01
4.	97,11	1,72	0,19	0,13	0,49	0,04	0,07	0,23	0,04	0,01

Die mittlere Menge des stündlich aus dem Hundemagen zu erhaltenden Saftes schätzen Bidder und Schmidt zu 4,6 Gr. für ein Kilogr. Thier, indem sie, wie es scheint, voraussetzen, dass Nahrungsbedürfniss und Drüsenoberfläche anwachsen wie das Körpergewicht.

Schlauchförmige Darmdrüsen.

Ihrem Bau nach stimmen sie ganz über ein mit der einfacheren Form der Magenschleimdrüsen. — In die Dünndarmhöhle des Menschen und Hundes, die für die Säfte des Magens und der grossen Bauchdrüsen unzugängig gemacht waren, wird eine zähe, dem Nasenschleim ähnliche Flüssigkeit in geringer Menge ergossen; sie reagirt alkalisch (Bidder und Schmidt) und soll in 100 Theilen zwischen 7,4 und 3,8 Theile festen Rückstand enthalten (Busch). Man darf vermuthen, dass die schleimigen Antheile dieses Saftes aus dem Inhalt des Epithelialcylinders des Darms und vorzugsweise der schlauchförmigen Drüsen kommt, da diese mit Schleim gefüllt sind.

Busch gewann das Object seiner Untersuchung dadurch, dass er in eine Fistel des menschlichen Darms einen bei 100° C. getrockneten, wohlgereinigten Badeschwamm von bekanntem Gewicht einführte; die Gewichtszunahme desselben bestimmte er nach dem Herausziehen vor und nach dem Trocknen. Die Fistel besass einen Bau, der den Zutritt der Säfte aus dem obern Theil des Dünndarms in den untern verhinderte, welcher den Schwamm aufgenommen hatte. — Bidder und Schmidt suchten den Darmsaft zu gewinnen aus einer Darmfistel des Hundes, nachdem sie vorher Gallen- und Pankreasgänge unterbunden hatten. Sie erhielten jedoch auch auf diesem Wege eine so geringe Menge einer alkalisch reagirenden Flüssigkeit, dass sie nicht hinreichte, um eine Analyse damit anstellen zu können. Aus dem Dickdarm erhielten sie auch nicht einmal dieses geringe Quantum. — Frerichs untersuchte eine Flüssigkeit, die er für ein normales Absonderungsprodukt jener Drüsen hält, aus dem Katzendarm. Um sie aufzufangen, hatte er ein Darmstück durch zwei Ligaturen von den benachbarten Stellen abgeschnürt, nachdem dasselbe vorher von seinem Inhalt durch Streichen mit den Fingern möglichst befreit worden. Die Flüssigkeit reagirte stark alkalisch und enthielt in 100 Theilen: Wasser = 97,6; unaufgelöste Stoffe 0,9; löslichen Schleim = 0,5; Fett = 0,2; Salze = 0,8. Die Flüssigkeiten des Dünn- und Dickdarms waren gleich zusammengesetzt. Bidder und Schmidt konnten auf diesem Wege keinen Darmsaft erhalten.

Nach Bidder und Schmidt soll sich unmittelbar nach dem Wassertrinken die Absonderung etwas vermehrt haben.

Fettdrüsen.

Zu dieser Drüsengattung rechnet man die Hautfollikel (Haarbalgdrüsen), die Meibom'schen Bälge und die Ohrenschmalzdrüsen. Die Berechtigung für die Zusammenstellung dieser in vielen Beziehungen von einander abweichenden Werkzeuge findet man in dem grossen Fettgehalt des von ihnen abgesonderten Saftes. Obwohl dieser Grund mehr als nichtssagend ist, wollen wir doch das Wenige, welches von diesen Drüsen bekannt ist, hier zusammenstellen.

1. Haarbalgdrüsen*). Ihre Höhle besitzt entweder die Gestalt eines einfachen birnförmigen oder die eines verästelten Schlauchs. Die Wand besteht nach aussen aus Bindegewebe, die auf ihrer inneren Fläche ein Epithelium trägt, dessen einzelne Zellen einen grossen oder mehrere kleinere Fetttröpfchen umschliessen. Gegen das Centrum des Drüsenbalges folgen dann Zellen, die reichlicher mit Fett gefüllt sind, vermischt mit freien Oeltröpfchen, welche letzteren gegen die Mündung des Balges hin das Uebergewicht bekommen. — Die freie Oeffnung des Schlauchs geschieht immer in einen Haarbalg hinein, und der einzige Unterschied, der in dieser Beziehung zwischen den verschiedenen Talgdrüsen besteht, liegt darin, dass bald der Haarbalg an Grösse die Fettdrüse und umgekehrt bald die letztere den erstern übertrifft. — Das Fett, welches aus den Drüsen zum Vorschein kommt, ist ein Gemenge von Elain und Margarin. Ausserdem kommt in ihrem Sekret vor: ein eiweissartiger Stoff, Cholestearin, Margarin- und Elainseifen, Kochsalz, Salmiak, etwas phosphorsaures Natron und Wasser. — Der fettige Antheil geht meist in die Haare über.

2. Meibom'sche Drüsen**). Sie schliessen sich rücksichtlich ihrer Form und des Baues von Wandung und Höhle an die Talgdrüsen an. Ihr Sekret ist noch nicht untersucht; sie liefern dasselbe auf die Augendlidränder, welche, mit dem fettigen Saft bestrichen, den Thränen den Uebertritt auf die Wangen erschweren.

3. Ohrenschmalzdrüsen. In dem äussern Gehörgang kommen zwei Drüsenarten vor, die eine, welche in die Haarbälge mündet und somit den Talgdrüsen vollkommen gleichartig gebaut ist, und eine andere, die Ohrenschmalzdrüsen im engern Wortsinn, welche dem Bau ihrer Höhlung und Wandung nach den mit Muskeln versehenen Schweissdrüsen sehr ähnlich ist. Der einzige Unterschied, welcher zwischen Schweiss- und Ohrenschmalzdrüsen besteht, wird durch das Epithelium gegeben, welches in den letztern durch seinen fetthaltigen Inhalt ausgezeichnet ist (Kölliker)***).

Die Bestandtheile des Ohrenschmalzes†), das vorzugsweise der zuletzt erwähnten Drüse seinen Ursprung verdanken möchte, sind: Oleïn, Margarin, eine eiweisshaltige Materie, ein in Wasser löslicher, gelbgefärbter, bitterschmeckender Körper und die gewöhn-

*) Kölliker, Gewebelehre. 2. Auflage, p. 175. — Lehmann, Physiologische Chemie. II. Bd. p. 372.

**) Kölliker, l. c. p. 653.

***) l. c. p. 171.

†) Berzelius, Lehrbuch der Chemie. IX. Bd. 537.

lichen Blutsalze. — Die quantitative Zusammensetzung des Ohrenschmalzes ist unzweifelhaft sehr variabel, da es einmal dunkel und fest, das anderemal sehr hell und mehr wasserhaltig abgesondert wird.

Schweissdrüsen.

1. Anatomischer Bau*). Das röhrenförmige Lumen der Schweissdrüsen mündet auf der Epidermisoberfläche, dringt spiralig durch die Epidermis zur Cutis, verengert sich innerhalb derselben und geht dann gestreckt bis in die tiefsten Schichten der Haut, wo es sich abermals etwas erweitert, dann knaulförmig aufwindet, um schliesslich blind zu enden. An den grösseren Schweissdrüsen, z. B. denen der Achselhöhle, theilt sich das Rohr in mehrere Aeste, von denen ein jeder sich verhält wie eine einfache Drüse. Die Wand der Drüse besteht, wo sie auch vorkommen mag, so lange sie durch die Cutis läuft, aus einer strukturlosen Grundhaut (Virchow). Diese fehlt aber, wenn das Drüsenlumen die Epidermis erreicht hat, so dass sich der Canal zwischen den Zellen derselben hinzieht. Auf der innern Fläche der Grundhaut sitzt ein Epithelium, das in den Drüsen von mittlerer und geringerer Grösse aus einer einfachen Lage rundlicher Zellen besteht, deren Binnenraum ausser dem Kern meist auch Fetttröpfchen enthält. In den Schweissdrüsen der Achselhöhle, der Peniswurzel und der Schamlippen kommt dazu eine trübe, fettige Masse, welche Körnchen, kleinere und grössere Zellen in sich schliesst. Auf der äussern Fläche der Grundhaut tragen die zuletzt erwähnten Drüsen eine Schicht längs verlaufender Muskelzellen, und an diese schliesst sich eine streifige Bindegewebshülle an, welche in allen andern Drüsen, denen die Muskeln fehlen, sich unmittelbar an die Grundhaut anlegt. — Das dichte Netz von Blutgefässen, welches den Drüsenknäuel umspinnt, entsteht aus den Arterien des Unterhautbindegewebes und geht durch Verbindungszweige, welche dem Ausführungsgang entlang laufen, in das Netzwerk der Cutisgefässe über.

Nerven hat man in die Schweissdrüsen noch nicht verfolgen können.

2. Schweiss**). Der Saft der Schweissdrüsen ist im vollkommen reinen Zustande vielleicht noch keinmal Gegenstand einer

*) Kölliker, Handbuch der Gewebelehre. 2. Aufl. 1855. 162.

**) Anselmino (u. L. Gmelin), Zeitschrift von Tiedemann und Treviranus. II. Bd. — Schottin, Zeitschrift für physiolog. Heilkunde. XI. Bd. — Favre, compt. rend. XXXV. 721.

Untersuchung gewesen; vielleicht ist ihm verdichteter Hautdunst, jedenfalls aber immer Hautschmiere und Epidermisschuppenextrakt beigemengt gewesen; zuweilen hat man sich auch mit der Analyse des festen Rückstandes jenes Flüssigkeitsgemenges begnügt.

Je nachdem man alle oder nur einzelne Theile des Schweisses auffangen will, verfährt man auf verschiedene Weise. Im ersten Falle wird entweder der nackte Mensch im Dunstbad auf eine metallene Wanne gelegt und der abfliessende Schweiss gesammelt, oder es wird nur eine Gliedmaasse (Arm oder Bein) in einen luftdichten Beutel eingebunden. Die aufgefangene Flüssigkeit wird zwar als reiner Schweiss angesehen; sie kann verunreinigt sein mit dem Wasserauszug der Oberhautschuppen, mit Hautschmiere und mit verdichtetem Hautdunst, d. h. mit Wasser, das sich an den Wänden des Sackes aus dem Dunst niedergeschlagen hat, der emporgestiegen ist aus der Epidermis zwischen den Schweissdrüsenmündungen. Die erstern Verunreinigungen können durch vorsichtiges Reinigen der Haut vor Beginn des Versuchs sehr vermindert werden, und die letztere ist ganz zu beseitigen, wenn man der Wand des umschliessenden Sacks die Temperatur der Haut zu geben versteht. Uebrigens dürfte sie auch ohnediess vernachlässigt werden, wenn die Schweissabsonderung lebhaft genug ist, um die ganze Oberfläche des eingeschlossenen Gliedes mit einer Flüssigkeitsschicht zu überziehen. Mittelst dieses Verfahrens würden zahlreiche Aufschlüsse gewonnen werden können; z. B. über die Abhängigkeit der Zusammensetzung des Schweisses von der Absonderungsgeschwindigkeit desselben, und ferner über die Abhängigkeit beider Veränderlichkeiten von der Ernährung, der Temperatur, der Muskelbewegung des Gesammtkörpers, der Blutfülle, der elektrischen Erregung, dem Luftdruck von und auf die absondernde Hautstelle selbst, der Absonderungsdauer des Schweisses u. s. w. — Um über einzelne Eigenschaften des Schweisses Nachricht zu bekommen, hat man entweder nur einzelne wenige Tropfen des gewöhnlich abgesonderten Schweisses aufgefangen, oder, war es nur um den Schweissrückstand zu thun, so umhüllte man die schwitzenden Glieder mit gereinigter Leinwand, die später mit destillirtem Wasser ausgelaugt wurde, oder man spülte auch nur die Haut ab, auf welcher ein Schweissrückstand sass.

Der Schweiss, welcher aus dem gesunden Blut abgeschieden wird, scheint nach den vorliegenden Betrachtungen beständige und unbeständige Stoffe zu enthalten. Zu den ersten zählen: ein eiweissartiger Körper, ein ölartiges Fett, Cholestearin, Harnstoff, Milch- und Schweissäure (Hydrotsäure, C_{10}, NH_{8}, O_{13}; HO), Kali, Natron, Kalk, Eisenoxyd, Chlor, Schwefelsäure, Phosphorsäure, Kohlensäure (Anselmino, Favre, Schottin, O. Funke). Die neueste Untersuchung des Schweisses von Funke ignorirt die Schweisssäure und bestreitet die Milchsäure; wohl nur darum, weil sie sich auf viel geringere Saftmengen bezieht als die Arbeit von Favre;

---

und Archiv. génér. Juillet 1853. — Gillibert d'Hercourt, Valentin's Jahresbericht über Physiologie für 1853. p. 168. — O. Funke, Moleschott's Untersuchungen zur Naturlehre. IV. Bd. 36. — Schiff, neurolog. Untersuchungen, I. Bd. p. 165 und 189. — Schuh, Wochenblatt der Gesellschaft der Wiener Aerzte. 1857. 321. — Viale und Latini, Scherer's Jahresbericht für 1855. 202.

zu den unbeständigen gehören: Ammoniak, feste Fette und flüchtige Säuren, namentlich Butter-, Essig- und Ameisensäure (Schottin, Funke, Gillibert).

Die Aenderungen in der Schweisszusammensetzung, welche bis dahin beobachtet wurden, scheinen abzuhängen von der Absonderungsgeschwindigkeit, der Absonderungsdauer, der Lage der schweisserzeugenden Fläche, vielleicht auch von der Menge des genossenen Getränkes und der Individualität des Schwitzenden.

a) Mit der Absonderungsgeschwindigkeit ändert sich die Zusammensetzung in der Art, dass der Gehalt des Schweisses an organischen Stoffen um ein Weniges abnimmt, wenn die Schweissmenge von einem Minimum bis zu einem gewissen, nicht allzuhohen Werth anwächst; dass aber, wenn dieser letztere erreicht ist, die Zusammensetzung des Schweisses unverändert bleibt, wie auch von diesem Grenzwerth an die in der Zeiteinheit abgesonderte Saftmenge wachsen mag. Dieses Gesetz scheint sich aus den Zahlen von O. Funke ableiten zu lassen.

Beobachtungsort und Versuchsnummer.		Schweissgewicht in Gr. auf die Stunde.	Rückstand in Prozenten.	Asche in Prozenten.	Harnstoff.
Mann A.					
Vorderarm 970 □Ctm. Fläche.	1.	4,46	1,44	—	—
	2.	5,99	1,36	0,24	—
	3.	12,65	0,79	—	0,199
	4.	17,68	1,17	—	—
	5.	30,20	0,84	0,31	—
	6.	33,04	0,70	—	1,112
	7.	36,41	0,82	—	—
	8.	47,96	0,86	0,36	—
Mann B.					
Vorderarm.	1.	3,12	2,56	0,63	—
	2.	6,80	1,13	—	—
Mann C.					
Vorderarm.	1.	6,90	1,17	—	—
	2.	10,62	0,84	—	—

Für den Theil unseres Satzes, dass von einer gewissen Grenze angefangen die Zusammensetzung des Schweisses unabhängig von seiner Absonderungsgeschwindigkeit sei, sprechen auch die Zahlen von Favre. Der Schweiss, auf den sie sich beziehen, ist gewonnen von der Gesammthaut eines Mannes, der in einem Dunstbad auf einer Metallrinne lag. Die Beobachtungszeit scheint aller-

dings nicht in allen Beobachtungen gleich lang gewesen zu sein; sie wird annähernd auf 1½ Stunde angegeben. — In 8 verschiedenen Tagen schwankte die in 1½ Stunde aufgefangene Schweissmenge zwischen 2559 und 1521 Gr. Die Rückstandprozente waren in beiden Fällen gleich 0,5. — Unter diesen Umständen mag es erlaubt sein, die Zahlen einer vollkommenen Schweissanalyse aus Favre's Abhandlung auszuschreiben. Sie ist mit 14 Liter Schweiss angestellt und auf 1000 berechnet.

Na Cl	2,230	Natronphosphat	Spuren	Milchsaures KO	0,317	Fette . . .	0,013
Ka Cl	0,244	Erdphosphat	Spuren	Schweissaures KO	1,562	Wasser	995,573
$KO SO_3$	0,011	Kalialbuminat .	0,005	Harnstoff	0,044		

b) Der erste Schweiss, welcher nach einer längern Drüsenruhe hervortritt, ist sauer, dauert die Absonderung längere Zeit, so wird sie neutral und alsbald alkalisch; die zuerst ausströmende Flüssigkeit enthält auch mehr flüchtige Fettsäure und mehr des eiweissartigen Körpers (?) als die spätere (Gillibert, Favre). Der letztere Beobachter spaltete die in 1½ Stunde abgeflossene Menge in 3 Theile, von denen jeder in je ½ Stunde aufgefangen war. 100 Theile enthielten:

	Aus der ersten ½ Stunde.	Aus der zweiten ½ Stunde.	Aus der dritten ½ Stunde.
Wasser	99,66	99,53	99,68
In absolut. Alkohol lösliche Best. .	0,17	0,11	0,15
In absolut. Alkohol unlösliche Best. .	0,16	0,29	0,22

Demnach waren in der ersten Masse die mineralischen Salze am geringsten vertreten.

c) Auf eine Veränderung des Schweisses mit der erzeugenden Fläche deutet der Geruch hin, den der Schweiss aus einzelnen Oertlichkeiten vor dem anderer voraus hat. Auch scheinen die Salze sich zu ändern. So liefert u. A. das Individuum, welches Funke untersuchte, einen Fussschweiss mit 1,37 Rückstand, darunter war 0,40 Asche; ein Armschweiss von gleichen Rückstandsprozenten gab nur 0,24 pCt. Asche. — Nach einer Angabe von Schottin war, wenn das Na der Asche = 100 gesetzt wird, das Ka im Armschweiss = 39 und im Fussschweiss = 57.

d) Der Schweiss, welchen Favre sammelte, enthielt, wie schon erwähnt, nie mehr als 0,58 pCt. Rückstand; der von Funke nie weniger als 0,70. Hier war verschieden der Ort des Auffangens, die Individualität und die Diät; und die letztere ins-

besondere darin, dass der Mann, welcher Favre den Schweiss erzeugte, während des Dunstbades etwa 2 Liter Wasser trank.

Innerlich genommen gehn in den Schweiss über: Bernstein-, Weinstein-, Benzoësäure; es erscheinen dagegen nicht: Jod, Chinin, Salicin (Schottin).

3. Absonderungsgeschwindigkeit. Der Schweiss wird nur zeitweise abgesondert; bekanntlich kann seine Bildung Monate lang unterdrückt sein. Die Bedingungen, von denen sein Eintritt und die Lebhaftigkeit seines Fliessens abhängen, sind, so weit bekannt, folgende: 1) die Haut beginnt zu schwitzen, wenn die Temperatur derselben über eine noch näher zu bestimmende Grenze steigt. Hierauf dürfte zurückzuführen sein der Eintritt des Schweisses nach Muskelanstrengungen; bei Anfällen von Hyperästhesie, die mit Röthung der Haut verbunden sind; nach Durchschneidung von Gefässnerven, namentlich bei Pferden (Dupuy, Mayer, Colin); bei Aufenthalt in warmer, mit Wasserdunst gesättigter Luft. — 2) Der Schweiss fliesst, alles Andere gleich gesetzt, stärker nach Genuss von warmen wässerigen Getränken und einigen flüchtigen Arzneistoffen (?). — Die Anwesenheit der bis dahin aufgezählten Bedingungen genügt jedoch nur dann, wenn noch andere unbekannte Bestimmungen schon vorhanden sind. Dieses geht aus den ärztlichen Erfahrungen hervor, dass öfters von einer sehr warmen, mit Blut gefüllten Haut trotz des reichlichsten Genusses von warmem Wasser kein Schweiss erzielt werden kann. Umgekehrt schwitzt auch oft ein Individuum mit relativ kalter Haut, und zu Zeiten, in denen es sich längere Zeit des Trinkens enthalten hat. — 3) Die Lebhaftigkeit der Absonderung sinkt mit der Absonderungsdauer (Gillibert, Funke). Nach den Angaben des erstern Beobachters hört der Schweiss, wenn er während einer gewissen Zeit abgesondert wurde, zu strömen auf, selbst wenn das Individuum unter reichlichem Wassertrinken im Dunstbad verbleibt. — 4) Einzelne Oertlichkeiten der Haut sind vor andern bevorzugt durch ihre Befähigung in Schweiss zu gerathen und bei gleichen schweisstreibenden Ursachen mehr Flüssigkeit als andere zu liefern; es scheint, als ob hierzu die Orte gehörten, die sich entweder durch zahlreichere oder durch grössere Drüsen vor andern auszeichnen (Stirn, Handteller, Achselhöhle u. s. w.).

Ausser einigen Angaben von Favre, Gillibert und Funke, in denen gleichzeitig die Muskelbewegungen, die Temperatur und die Diät verändert wurden, liegen für die soeben ausgesprochenen Sätze keine Zahlenbeispiele vor; in der Unbestimmtheit, in der sie hingestellt sind, genügen jedoch auch zum Beweis derselben die Thatsachen der täglichen Erfahrung.

Die Statistik des Schweisses, d. h. die Frage, wie viel dieser Flüssigkeit von der gesammten Haut unter gewissen Umständen abgesondert werde, konnte noch nicht in Angriff genommen werden, da es an einem Hülfsmittel fehlt, um unter gewöhnlichen Verhältnissen den Schweiss gesondert vom Hautdunst aufzufangen. Eine Aussicht hierzu würde sich bieten, wenn es sich herausstellte, dass innerhalb gewisser Grenzen der Absonderungsgeschwindigkeit, das Verhältniss zwischen festen und flüssigen Bestandtheilen unveränderlich und aller Orten dasselbe wäre; dann würde man aus dem auf der Haut, beziehungsweise ihren Bedeckungen verbleibenden Rückstand, auf die Menge der abgesonderten Flüssigkeit schliessen, und also auch Versuche über Schweissmengen bei gewöhnlicher Bekleidung anstellen können. Sollten die Thatsachen diese Unterstellung widerlegen, so müsste sich die Statistik auf die Bestimmung der festen Stoffe beschränken. — Um einen Maassstab zu gewinnen, wie hoch unter günstigen Umständen die Schweissmenge der gesammten Haut anwachsen kann, dienen die Erfahrungen von Favre. Er gewann in 1½ Stunde bis zu 2560 Gr. Schweiss; bei einer so reichlichen Erzeugung erschöpft sich jedoch die Absonderung nach einiger Zeit (Gillibert).

4. Schweissbereitung. Die fetten und die flüchtigen Säuren gehen unzweifelhaft aus den Epithelien hervor, da namentlich die Drüsen, welche einen starkriechenden Schweiss hervorbringen, reichlich mit Fett gefüllte Zellen bergen. — Die Absonderung der Flüssigkeit würde man wegen ihres periodischen Auftretens, und auch darum, weil leidenschaftliche Erregungen öfter mit Schweissbildung gepaart sind, wohl bereitwillig von einer Beihülfe der Nerven ableiten, wenn nur irgend eine Art von Nerv zu den Drüsen verfolgt werden könnte. — Da die von Blut strotzende Haut leicht und die zusammengezogene nicht schwitzt, so wäre daran zu denken, dass eine Erschlaffung der Gefässmuskeln und die daraus entspringende Erweiterung des Gefässlumens eine nothwendige Bedingung zur Einleitung der Schweissbildung sei. Damit ist es aber nicht zu vereinigen, dass die Absonderung, welche schon eingetreten war, auch wieder zurücktritt, trotz der noch bestehenden Blutfülle. Sollte etwa die Haut der Schweissdrüsen sich unabhängig von Nerven und Muskeln verändern?

Der Widerspruch*) gegen die gangbare Ansicht, wonach der Schweiss aus den Drüsen und nicht aus der zwischen ihnen gelegenen Oberhaut hervorkomme, wird sich

*) Meissner's Jahresbericht für 1856. p. 285.

schwerlich Geltung verschaffen; denn es gelingt dem mit der Loupe bewaffneten Auge leicht, den Tropfen aus den Drüsenmündungen hervorkommen zu sehen.

5. Aus den Drüsen, welchen Muskeln fehlen, kann der Inhalt nur durch die absondernden Kräfte selbst ausgetrieben werden; die Muskeln in den grössern Drüsen sind vielleicht geeignet, den zähflüssigen Inhalt, der auf ihrem Grund sitzt, zu entleerren. — Der auf die Hautoberfläche ergossene Saft wird uns bei der thierischen Wärme noch einmal Veranlassung zu Bemerkungen geben.

Harnwerkzeuge.

A. Nieren.

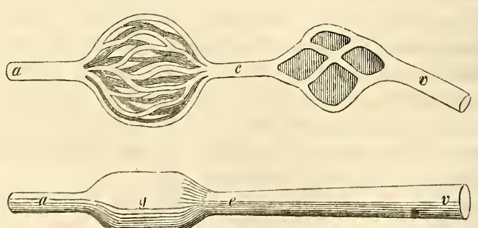
1. Anatomischer Bau. Ein jedes Harnkanälchen beginnt in der Nierenrinde mit einem kugeligen Säckchen und geht dann in einen engen Schlauch über, der gewunden durch die Rinde, gestreckt durch das Nierenmark hinläuft. Auf diesem Wege verbindet sich vorerst ein jedes unter einem spitzigen Winkel mit einem benachbarten Röhrchen, und der aus beiden zusammengeflossene Schlauch läuft wieder mit einem ähnlich entstandenen Nachbar zusammen. Diese Verbindungen wiederholen sich öfter, so dass schliesslich eine grosse Anzahl von Röhren in eine einzige zusammenmündet, die auf der Papille sich öffnet. Das Gesammtlumen der Harnröhren nimmt auf dem Wege von der Rinde zur Papille zuerst sehr rasch und dann allmäliger ab, da die aus den ersten Zusammenflüssen entstandenen Röhren von demselben, die durch die spätern Vereinigungen entstandenen von nicht sehr bedeutend grösserem Durchmesser sind, als jede der einzelnen vor der Vereinigung. — Die Wandung des Harncanälchens ist aus einer strukturlosen, sehr feinen, aber festen Haut gebildet, auf deren Innenfläche eine einfache Lage von Kernzellen aufsitzt, die mit Flüssigkeit mässig gefüllt sind. — Wittich*) beschreibt das Element der Deckhaut als ein kugeliges Häufchen feinkörnigen Stoffes mit einem Kern in der Mitte; eine umkleidende Haut soll ihnen fehlen. — Die Papille, auf welche das bis dahin beschriebene Harncanälchen zugleich mit vielen andern aus der Niere in den Kelch tritt, ist eine kegelförmige Warze, die mit der Basis an den Nieren festsitzt und mit der Spitze frei in den Kelchraum ragt.

Die art. renalis zerfällt in Zweige für die Capsel, die Rinde, das Mark. Die weitaus grösste Menge der Aeste geht in die Rinde

*) Virchow's Archiv. X. Bd. 327.

und läuft dort in kurze Arterien von schon mikroskopischem Durchmesser aus. Diese durchbrechen als sogen. vasa afferentia die Wand des sackartigen Anfangs der Harngänge und zerfahren innerhalb dieser Höhle in ein Bündel von feinsten Gefässen (glomerulus). Diese sammeln sich wieder in ein grösseres Gefäss, das vas efferens, welches den Hohlraum des Harnganges alsbald verlässt, indem es seine Wand abermals durchbricht. Der Blutstrom biegt also in die Höhlung des Harncanälchens ein und aus (Bowmann). Die Gefässe des Nierenkorns (glomerulus) sind unter einander durch eine strukturlose Masse verklebt, und auf seiner freien Oberfläche hat man oft eine Lage zellenartiger Gebilde gefunden. — Wenn das ausführende Blutgefäss wieder zwischen die Harncanälchen getreten ist, so zerspaltet es sich noch einmal zu einem weitmaschigen Netze, das in Verbindung mit den Verästelungen der umliegenden vasa efferentia die Harncanälchen auf ihren gewundenen und geraden Wegen umspinnt und aus dem die Wurzeln der Nierenvenen ihren Ursprung nehmen. Dieser Beschreibung entsprechend, würde das für die Rinde bestimmte Blut der a. renalis durch ein doppeltes Capillarensystem laufen, von denen das erste in das Lumen des Harncanälchens ragt und das zweite ausserhalb auf der Wandung desselben liegt. Die Veränderung des Lumens, welche die Gefässe in der Rinde und insbesondere von den zuführenden Gefässen des Nierenkorns nach abwärts erfahren, verhält sich sehr wahrscheinlich in der Art, dass der Querschnitt in dem zuführenden und abführenden Gefässe sehr viel kleiner ist, als derjenige, welcher von der Summe der Gefässe des Knäuels dargestellt wird; die Summe der Querschnitte sämmtlicher Capillaren des zweiten Netzes dürfte

Fig. 53.



grösser sein, als diejenige des ausführenden Gefässes. Das Schema dieser Anordnung des Lumens drückt Fig. 53 aus; *a* entspricht

dem vas afferens, *g* sind die vereinigten Querschnitte der einzelnen Gefässe im Glomerulus, *e* passt auf das vas efferens und *v* auf das zweite Netz und die Venenwurzeln.

Die Capillaren für das Mark gehen zum Theil aus den Maschen des zweiten Netzes der Rindengefässe hervor, zum Theil entstehen sie selbstständig aus den grösseren Aesten der Nierenarterie (Virchow)*). In welchem Verhältniss die Summe ihrer Lichtungen zu der der vasa afferentia in den Knäueln steht, ist unbekannt, aber jedenfalls überwiegt die Gesammtlichtung der vasa afferentia jene um das Vielfache. — Ein kleiner Rest der Arterienzweige endlich, welche, von dem Mark zur Rinde aufsteigend, die vasa afferentia abgegeben haben, gelangt schliesslich auf die Oberfläche der Niere, wo sie sogleich in ein Netz zerfallen, das die Capsel auskleidet. Die Venen dieser Gefässe, verstärkt durch Zuflüsse aus der Fettcapsel, bilden den Anfang der Stämme, welche das Blut aus der Niere fortführen.

Von dem Bau der Häute ist hervorzuheben, dass das vas af- und efferens Muskelzellen tragen, ferner, dass die äusserste Wandschicht des Nierenvenenstammes mit einer starken Muskellage ausgestattet ist und dass in ihre Höhlung öfter eine Klappe ragen soll. — Aus der Niere tritt eine nicht sehr beträchtliche Zahl von dünnen Lymphgefässen aus, die ebensowohl aus der Tiefe wie von der Oberfläche ihren Zufluss beziehen. — In die Niere, und zwar längs der Arterie gehen Nerven ein, welche aus dem plex. coeliacus stammen; sie sind aus wenigen breiten und vielen Remak'schen Fasern zusammengestellt und werden auf ihrem Wege mit kleinen Ganglienhaufen belegt; die Anordnung ihrer anatomischen Elemente innerhalb der Nieren ist noch nicht dargelegt. Der Ursprung derselben ist theilweise wenigstens unzweifelhaft in dem Hirn zu suchen, da die Verletzung derselben sehr schmerzhaft empfunden wird. — Alle diese Gebilde sind in der Niere selbst eingebettet in eine geringe Menge sturkturloser Zwischenmasse und umschlossen von einer festen Bindegewebscapsel.

2. Chemischer Bau der Nieren**). Die strukturlose Membran der Harncanälchen nähert sich nach ihren chemischen

---

*) Dessen Archiv. XII. 310.

**) Simon, Mediz. Chemie. Berlin 1842. II. Bd. 533. — G. Lang, De adipe in urina et renibus. Dorpat 1852. — Frerichs, Bright'sche Krankheit. Braunschw. 1851. 42. — Cloëtta, Liebig's Annalen. 89. Bd. 289. — O. Beckmann, Virchow's Archiv. XI. Bd. 127. — Hermann, Wiener akadem. Sitzungsberichte. XXXVI. 349.

Reaktionen dem elastischen Gewebe. Der Inhalt der Deckzellen besteht aus Eiweiss (?), zuweilen, namentlich bei Vögeln, aus Harnsäure, aus Fetten (vorzugsweise nach Fett- und Fleischnahrung). — Die Gefässhäute zeigen die bekannten Eigenschaften. — Aus dem wässerigen Auszug der Niere ist bis dahin ausser den Bestandtheilen des Bluts und Harns dargestellt worden: Inosit, Taurin, Cystin (Cloëtta), Sarkin (?) (Cloëtta, O. Beckmann), Leucin und Tyrosin (Beckmann), Kreatin (Hermann). Alle diese Stoffe kommen jedoch nicht immer zusammen vor. — In der frischen, bis zum Tod thätigen Niere des Menschen und Ochsen wurde Inosit, und in der gleichbeschaffenen Niere des letzten Thieres ein dem Xanthin oder Sarkin ähnlicher Körper und entweder Cystin oder statt dessen Taurin gefunden. — Aus der menschlichen Niere (wie lange nach dem Tode?) wurde Sarkin, Zucker, Leucin und daneben zuweilen auch Tyrosin gewonnen. — In der Niere von Hunden, deren Ureter 2 bis 24 Stunden unterbunden war, fand sich Kreatin. Blieb der Ureter mehrere Tage lang geschlossen, so war das Kreatin verschwunden und statt dessen trat neben andern krystallinischen, auch ein dem Leucin ähnlich sehender Körper auf. — Welches die natürlichen Bildungs- oder Lagerstätten dieser Verbindung sind, bleibt unentschieden; in welcher Beziehung sie zu einander stehen, lässt sich um so weniger sagen, als ausser den genannten gewiss auch noch andere eigenthümliche Stoffe vorkommen.

3. Das Blut*), welches aus der absondernden Niere fliesst, ist hellroth, dem arteriellen ähnlich, gefärbt; es enthält mehr O und weniger CO_2 als das dunkle venöse (Bernard); auch ist es frei von Faserstoff, oder wenigstens arm daran (Simon). Aus der ruhenden Niere kommt das Blut dunkel (Bernard) und faserstoffhaltig (Brown-Séquard). Das Blut der Nierenarterie soll mehr (0,038 pCt.) Harnstoff enthalten als das venöse (0,010 pCt.) Picard; nach dem Angriff auf Picards Methode (v. Recklinghausen) dürfte dieser Satz weniger durch die aufgeführten Zahlen als vielmehr durch die Erfahrung bewiesen sein: dass nach Ausrottung der Niere (Dumas, Prout) oder Unterdrückung der Harnabsonderung (Babington) der Harnstoffgehalt des Bluts überhaupt zunimmt; also hat sich das arterielle Blut beim Durchgang durch die Niere eines Theiles seines Harnstoffes entledigt.

*) Cl. Bernard, Leçons sur les liquides de l'organisme. Paris 1859. II. Bd. 147 u. f. — Poiseuille und Gubler, Compt. rend. 49. Bd. 164.

Die Zahlen, welche Bernard über den Gasgehalt des hell- und dunkelrothen venösen und arteriellen Blutes mittheilt, sind nicht genau vergleichbar, da über das Verhältniss ihres Körperchengehaltes nichts bekannt ist, und noch mehr, weil Bernard die Gewinnungsmethode des Gases selbst als eine provisorische bezeichnet. Beispielsweise mögen gelten:

	Arteria	Vena renalis	
		hellroth.	dunkelroth.
O	19,4	17,2	6,4
CO_2	3,0	3,13	6,4

Die Zahlen bedeuten Volumen-Prozente eines Gases von unbekannter Dichtigkeit.

Das Blut oder überhaupt die Körpermasse eines Thieres, dem man die Nieren genommen hat, enthält nach den Angaben von Bernard, Barreswill*) und Stannius **) immer auffallend viel weniger Harnstoff, als in der Zeit, während welcher die Nieren fehlten, durch diese ausgesondert sein würde. Dieses wird erklärlich, wenn man annimmt, dass der zurückgehaltene Harnstoff sich in kohlensaures Ammoniak umsetzt, das durch an dere Secretionen, z. B. die des Magens und Darms, ausgeschieden wird. In der That hat sich in dem Magen der entnierten Hunde eine ammoniakalische Flüssigkeit gefunden (Bernard). — Der Angabe von Picard entgegen geben Gubler und Poiseuille an, dass das Blut der Nierenvene öfter mehr Harnstoff enthält, als das der Nierenarterie. Da ihr analytisches Verfahren von Würz erfunden und erprobt ist, so dürfte es wohl von den Fehlern des Picard'schen frei sein; aber nicht weniger sicher ist es auch, dass das von ihnen gefundene Verhalten der beiden Blutarten zu einander nicht das normale ist, denn die Nieren sind im Wesentlichen die einzigen Organe, welche Harnstoff entleeren, und durch sie wird im Allgemeinen fast sämmtlicher durch die Nahrung eingebrachte Stickstoff wieder aus dem thierischen Körper entfernt.

4. Blutstrom durch die Niere ***). Wie viel Blut überhaupt in der Zeiteinheit durch die Niere geht, wird bei unveränderlichem Spannungsunterschied zwischen dem Inhalt der Arterie und Vene abhängig von den Widerständen in der Niere. Diese sind aber thatsächlich veränderlich; denn es durchsetzt meist während der bestehenden Harnabsonderung und nach Durchschneidung der Gefässnerven das Blut die Niere so rasch, dass es in den Venen noch hellroth anlangt, während es umgekehrt dort dunkel ankommt, wenn die Absonderung ruht oder die Nierennerven gereitzt werden (Bernard). — Bei dem grossen Durchmesser der Nierenarterie und dem jedenfalls nicht unbedeutenden Spannungsunterschiede

*) Archives générales. 1847.

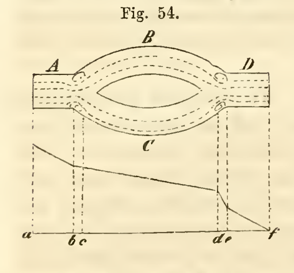
**) Scheven, Ueber die Ausschneidung der Niere und deren Wirkung. Rostock 1848.

***) C. Ludwig, Artikel Harnabsonderung in Wagner's Handwörterbuch der Physiologie. — R. Virchow, in dessen Archiv. XII. Bd. 310. — Cl. Bernard, Leçons sur les liquides de l'organisme. Paris 1859. p. 147 u. ff.

zwischen der Arterie und Vene kann bei geringem Widerstand sehr viel Blut durch die Niere gehen. Wenn aber der Widerstand bedeutend geworden, so kann auch die Blutmenge gering werden.

Das Blut kann durch die Niere auf drei Wegen in die Vene zurückgehen. Der Antheil, den jede Abtheilung von der Gesammtheit durchlässt, wird abhängen von dem Verhältniss der Querschnitte und Bahnlängen zu einander. Offenbar kann man sogleich sagen, dass das Netz der Capsel immer sehr wenig Flüssigkeit abführt. Es kommen also nur die Verhältnisse zwischen dem Ausmaass an den Rinden- und Markgefässen in Betracht. Diese sind aber wegen der Muskeln an den kleinen Arterien (vasa af- und efferentia des Nierenkornes und die arteriolae rectae des Marks) nicht unveränderlich, und somit wird der Antheil des durch das Mark gehenden Blutes auf Kosten des Rindenstroms wachsen, wenn die Muskeln der Gefässe des Nierenkorns zusammengezogen und die des Marks unverändert oder umgekehrt die Durchmesser der letzten Zuflussröhren erweitert und die der Rinde unverändert sind. Wie viel Blut aber hierdurch von der Rinde abgeleitet werden kann, ist wegen der Unbekanntschaft mit den in Frage kommenden Ausmaassen nicht einmal schätzungsweise anzugeben.

Fig. 54.



Das ungefähre Gesetz für die Formen der Spannungscurve innerhalb der beiden aufeinanderfolgenden Capillarnetze in der Rinde kann nach den Angaben über die fortlaufende Veränderung des Lumens (Fig. 53) hingestellt werden. Sie muss, entsprechend den Grundsätzen, welche Seite 64 u. f. entwickelt sind, die in Fig. 54 angegebene annehmen.

Cl. Bernard giebt an, dass man die von ihm beobachteten Erscheinungen, welche die Veränderlichkeit des Blutstroms durch die Niere beweisen, am besten an Thieren sehen kann, die mit Curare vergiftet und durch künstliche Respiration am Leben erhalten werden.

5. Harn. Die Flüssigkeit, welche aus den Harncanälchen ausgeschieden wird, enthält sehr verschiedene Stoffe in Lösung, je nach der Lebensart, den Nahrungsmitteln und besonderen allgemeinen körperlichen Zuständen. Man hat darum bestimmt, denjenigen Harn als den normalen anzusehen, welcher entleert wird

bei gänzlichem Enthalten von Nahrung oder bei Aufnahme einer solchen, welche wesentlich aus eiweissartigen Körpern, Fetten, Amylon, den gewöhnlichen Blutsalzen und Wasser besteht. Unter dieser Voraussetzung erscheinen im Harn: Harnstoff, Kreatinin, Harnsäure, Hippursäure, Farbstoffe, Zucker, Fette, Ammoniak, NaO, KO, CaO, MgO, ClH, CO_2, PO_5, SO_3, dazu eine geringe Menge organischer Stoffe von unbekannter Zusammensetzung (Extrakte) und in Gasform aufgelöst N, O, CO_2.

Je nach dem Ziel, das der Harnanalytiker verfolgt, hat man entweder allen Harn, der in 24 Stunden gelassen wurde, in ein Gefäss vereinigt, gewogen und ein oder mehr Proben dieses Durchschnittsharns zerlegt; oder es wurde von einer zur andern und zwar jedesmal bekannten Zeit der Harn besonders entleert, gewogen und zerlegt. Die erste Beobachtung giebt die Menge der täglich entleerten Harnbestandtheile; die zweite giebt die mit der Tageszeit veränderliche Menge der letztern. — Um die von verschieden schweren Individuen ausgegebenen Gewichte an Harnbestandtheilen vergleichbar zu machen, hat man die letztern durch das Körpergewicht dividirt, d. h. man hat die von der Einheit des Körpergewichts gelieferten Harnbestandtheile aufgesucht. Die in gleicher Zeit und von gleichem Thiergewicht gelieferte Stoffmenge kann man als Maass für die Bildungs-, resp. Absonderungsgeschwindigkeit ansehen. Dieser Berechnung liegt die wahrscheinliche Voraussetzung zu Grunde, dass, alles Andre gleichgenommen, die Gewichte des bildenden Thierleibes und der gebildeten Harnbestandtheile im geraden Verhältniss miteinander wachsen.

H a r n s t o f f*). Er kommt im Harn frei, vielleicht auch mit NaCl und $\bar{A}$mCl verbunden vor. Die Bedingungen für die Harnstoffausscheidung durch den Harn dürften gelegen sein: in dem Umfang und der Geschwindigkeit, in und mit welcher er gebildet und auch wieder weiter zerlegt wird (z. B. in AmO u. s. w.), ferner in der Thätigkeit, welche Haut und Niere entwickeln, um ihn aus dem Körper zu

*) L e h m a n n, Physiolog. Chemie. II. Bd. 167. — F r e r i c h's, M ü l l e r's Archiv. 1848. 467. — B i d d e r und S c h m i d t, Die Verdauungssäfte und der Stoffwechsel. 1852. p. 292 u. f. — S c h e r e r, Würzburger Verhandlungen. II. Bd. 180. — B i s c h o f f, Der Harnstoff als Maass des Stoffwechsels. Giessen 1853. — B a r r a l, Statique chim. des animaux. Paris 1850. 437. — E. B e c h e r, Studien über Respiration. Zürich 1855. — J. L e h m a n n, L i e b i g's Annalen. 87. Bd. 205. — B i s c h o f f, L i e b i g's Annalen. 88. Bd. 102. — H o p p e, V i r c h o w's Archiv. X. Bd. 144. — K a u p p, Archiv für phys. Heilkunde. 1855. p. 385. u. 1856. p. 125. — V o i t, Physiol.-chem. Untersuchungen. München 1857. — B e i g e l, Untersuchungen über Harn und Harnstoffmengen, nova acta. Bd. XXV. (Separatdruck.). — H e r m a n n, Wiener akad. Berichte. Bd. XXXVI. 349. — G e n t h, Untersuchungen über den Einfluss des Wassertrinkens. Wiesbaden 1856. — S c h i r k s, V a l e n t i n's Jahresbericht für 1857. p. 84. — B o t k i n, V i r c h o w's Archiv. XV. 380.

schaffen. Dieses Alles ist an sich klar, weil nur überhaupt der Harnstoff ausgeführt werden kann, der im thierischen Körper gebildet und dort nicht auch sogleich weiter zerlegt ist. Von diesem Harnstoff kann aber nur der dem Harne zu Gute kommen, welcher nicht durch die Haut abströmt; der noch übrige Rest muss aber nicht nothwendig durch die Niere abfliessen, denn dieses geschieht nur so weit, als es dieses Werkzeug gestattet; was es an Harnstoff zurücklässt, vertheilt sich in den Säften des thierischen Körpers.

Täglicher Harnstoff von der Gewichtseinheit Thier. Natürlich war es bis dahin unthunlich, auch nur den Versuch zu wagen, den Harnstoff des täglichen Harns aus dem mittleren Harnstoffgehalt unserer Säfte und der Arbeitskraft der Niere herzuleiten. Man hat statt dessen die Abhängigkeit desselben von andern Umständen untersucht, welche in jedem Fall aus mehrfachen Gründen, je nach den Zuständen des thierischen Körpers aber sogar in entgegengesetzter Richtung auf die Harnstoffausscheidung wirken können. Nach diesen vorläufigen Bemerkungen zählen wir auf:

1) die Harnstoffausscheidung bei Entziehung aller Nahrung; die Ausscheidung des genannten Stoffes durch den Harn geht bis zum eintretenden Hungertode des Thieres fort; sie geschieht also aus dem Inhalt des hungernden Thieres (Lassaigne, Scherer, Becher, Schmidt, Frerichs, Bischoff). Da nun der Harnstoff offenbar nur aus den Leim- und Eiweisskörpern hervorgehen kann, so wird sich seine Menge richten nach der Zusammensetzung des hungernden Thiers (seinem Fett-, Fleisch-, Bindegewebe-, Knochengehalt), nach seiner Lebensweise, der Temperatur, seiner Umgebung etc. — Andeutungen für solche Variationen liegen darin, dass gemästete Thiere mehr Harnstoff liefern als magere (Bischoff); dass mit der Dauer des Hungers sich die Harnstoffabscheidung ändert. Das Gesetz, nach welchem dieses letztere geschieht, zeigt im Allgemeinen ein Abfallen des Harnstoffs; wie dieses sich aber im Einzelnen gestaltet, wird von mannigfachen Umständen abhängen.

2) Veränderlichkeit der Harnstoffausscheidung mit der Art und Menge der festen Nahrung. Man suchte natürlich meist die Beziehungen zwischen der chemischen Zusammensetzung der Nahrung und den ausgeschiedenen Harnstoff auf. Soll hierbei die wirklich in die thierische Umsetzung eingegangene Nahrung in Betracht kommen, so kann dieselbe nur dann für übereinstimmend mit der

eingenommenen angesehen werden, wenn bei ihrem Genuss durch längere Zeit nicht allein das Körpergewicht, sondern auch die Gesundheit unverändert geblieben; denn dann wird wohl auch die prozentische Zusammensetzung des Thierkörpers sich gleich geblieben sein. Wenn dagegen bei der Nahrung das Körpergewicht zu- oder abnimmt, so bleibt die Zusammensetzung des Stoffgemenges die in die thierische Zersetzung einging, unbekannt. — Aber auch zwischen der mit bekannter Zusammensetzung in die lebendige Umsetzung eingehenden Nahrung und dem ausgeschiedenen Harnstoff ist keine feste Beziehung zu erwarten; denn Eiweiss- und Leimatome zerfallen nicht sogleich in Harnstoff, sondern zunächst in Produkte, die als solche entleerbar sind, wie in Harnsäure und Kreatin u. s. w Ferner gehen sie theilweise gar nicht in Harnstoff über, sondern in Gallensäure, Farbstoffe und vielleicht auch geradezu oder mindestens mit dem Harnstoff nur als Durchgangspunkt in andre gasförmig oder flüssig entleerte stickstoffhaltige Atome. Ob und wie viel von N der Nahrung zur Harnstoffbildung verwendet wird, ist demnach abhängig von der Arbeit mannichfacher Körperstücke. Aus diesem Grund können die Versuche an Thieren mehr dazu dienen, die Eigenthümlichkeiten des inneren Zersetzungsganges bei denselben hinzustellen, als dazu um aus ihnen einen Schluss auf die Harnstoffabscheidung des Menschen zu ziehen. — Da aber die Versuche gelehrt haben, dass nicht bloss der Eiweiss- und Leimgehalt der Nahrung, sondern auch der Antheil an Wasser, Fetten, Zucker, und Salzen die Art der Umsetzung bedingt, so dürfte es bei zukünftigen Versuchen unerlässlich sein, diese genau zu bestimmen, was aus bekanntem Grunde nur dann möglich wäre, wenn man die Speisen aus künstlichen Gemengen chemisch reiner Nahrungsmittel herstellte.

Aus den bekannt gewordenen Beobachtungen geht hervor: a) Fett und Amylon mindern die Harnstoffabscheidung, so dass dasselbe Thier weniger Harnstoff liefert beim ausschliesslichen Genusse von Wasser und Fett, oder selbst bei einem reichlichen Futter aus Amylon und Fett mit einem schwachen Zusatz eiweissartiger Stoffe, als bei vollständiger Nahrungsentziehung. Eine aus Mehl, Fett und Fleisch gemischte Nahrung erzeugt, gleiche Nierenthätigkeit vorausgesetzt, weniger Harnstoff, als dieselbe Menge von Fleisch für sich allein genommen hervorbringt (Bischoff, Hoppe, Botkin). — b) Eine Nahrung von Eiern, Muskelfleisch, leimgebendem Gewebe steigert die Harnstoffbildung (Bischoff, Lehmann),

und zwar nimmt das tägliche Harnstoffgewicht annähernd in dem Maasse zu, in dem die Menge jener Nährstoffe wächst, gleichgiltig ob unter dem Einfluss der Fütterung das Körpergewicht des Thieres zunimmt oder sich gleich bleibt. — Nach Voit kann bei Hunden nahezu der ganze N-Gehalt der Nahrung mit Abzug dessen, welcher im Koth verbleibt, also der N des Futters, welches wirklich ins Blut überging, durch den Harnstoff entleert werden; dieses gilt natürlich nur für den Fall, dass sich das Gewicht des Thieres während der Versuchszeit unverändert hielt. Diese Erscheinung trifft jedoch weder allgemein für den Hund, noch weniger aber für den Menschen ein, denn für gewöhnlich enthält der ausgeschiedene Harnstoff keineswegs den ganzen Stickstoff, welcher mit der Nahrung eingeführt wurde (Boussingault, Lehmann, Barral, Bischoff), selbst dann nicht, wenn sich das Körpergewicht durch die Nahrung nicht mehrt. Der Unterschied zwischen den Stickstoffmengen, welche mit der Nahrung ein- und durch den Harnstoff ausgeführt werden, ist nach Bischoff beim Hund in weiten Grenzen unabhängig gefunden worden von dem Nahrungsmaasse, so dass er bei einer kärglichen und übermässig reichlichen Fleischfütterung sich gleich blieb. Dieses würde darauf hindeuten, dass in den von Bischoff beobachteten Thieren neben einer mit der Fleischmasse veränderlichen Harnstoffbildung eine andere von dem Fleischgenuss unabhängige, immer gleichmächtige Umsetzung des Eiweisses stattfände. Diese nicht in Harnstoff ausmündende oder über ihn hinausgehende Umwandlung des Eiweisses wird aber beschränkt, wenn dem Fleisch noch Kochsalz, Fett oder Wasser so zugesetzt werden, dass sich das Volum des täglichen Gesammtharns mehrt; denn dann steigt der Harnstoff und nähert sich der Grenze, die ihm durch den Stickstoffgehalt der Nahrung gezogen ist. — c) Der Wassergehalt der Nahrung beeinflusst, gleichbeschaffene und gleichviel feste Speise vorausgesetzt, die Harnstoffausscheidung; seine Wirkung ist veränderlich mit der Wassermenge, welche aus dem Getränk in den Harn übergeht, mit der Tageszeit, in welcher sie genommen und mit dem Wasser, das in der vorhergegangenen Zeit in der Nahrung vorhanden war. Die vorliegenden Untersuchungen zeigen, dass bei gleichbleibender Nahrung und Muskelanstrengung der tägliche Werth des Harnstoffs zunimmt, wenn sich das Harnmaass mehrt (Bischoff, Becher, Kaupp, Genth u. s. w.). Der reichlicher gelassene, an Harnprodukten ärmere Harn entführt mehr Harnstoff als der sparsamer ausgeschiedene, aber an Harnstoffpro-

dukten reichere Harn. Dieses gilt selbst für den Harn, der zu derselben Zeit aus den beiden Nieren desselben Thiers hervorgegangen ist (Hermann). Legt man den Ureter beiderseits bloss und fängt den Harn auf, so zeigt sich, dass die Nieren zu gleichen Zeiten ungleiche Harnvolumina absondern (Goll) und zwar wechselnd bald die eine und bald die andere mehr. Wenn eine der Seiten merklich mehr Harn entleert, so fördert sie dann auch mehr Harnstoff zu Tage. Aus der Beobachtung, dass der prozentische Harnstoffgehalt mit dem abnehmenden Harnmaass und zwar unregelmässig wächst, geht jedoch hervor, dass kein festes Verhältniss zwischen den beiden genannten Werthen besteht. — Diese Vorbemerkung zeigt, dass der Genuss von Wasser nur dann die Harnstoffabscheidung mehrt, wenn das Wasser nicht durch Darm, Haut, Lunge, sondern durch den Harn entleert wird. Nur insofern, als im Allgemeinen bei einem grösseren Wassergehalt der Nahrung auch das tägliche Harnvolum wächst und zwar meist in dem Maasse, in welchem die Wassernahrung zunimmt, ist es auch erlaubt, geradezu die Steigerung des Harnstoffes von der des Getränkes abhängig hinzustellen.

Aber gleiche Mengen fester und flüssiger Nahrung erzeugen unter sonst gleichen Bedingungen nicht gleichviel Harnstoff. War die Nahrung zuerst relativ trocken gewesen und wurde sie dann mit Wasser versetzt, so wirkt dieselbe Menge Wasser viel mehr steigernd, als wenn längere Zeit hindurch die Nahrung schon wasserreich war (Mosler). Daraus folgt, dass wenn nach einem Uebergang von wenig zu mehr Wasser die letzte Lebensweise anhaltend eingehalten wird, der Gang des Harnstoffes sich folgendermaassen stellt: seine Menge erhebt sich von ihrem niedern, der trockenen Nahrung entsprechenden Werth plötzlich beträchtlich, und so wie der Nahrungswechsel eintritt, dann sinkt sie während einiger Tage langsam herab und schwankt nun während der Zeit, in welcher das Getränk sich gleich blieb, in engeren Grenzen um einen mittleren Werth (Genth), der jedoch höher ist, als er ohne den vermehrten Wassergenuss sein würde. Geht der Versuch umgekehrt von der wasserreichen zur trockenen Diät über, so erniedrigt sich die Harnstoffmenge an dem Tage des Nahrungswechsels unter den Werth, welcher sonst der trockenen Diät zukommt; während einiger Tage erhebt sich dann der Harnstoff wieder auf den Durchschnitt, welcher vor der Wasservermehrung in der Nahrung vorhanden war (Becher). — Wird das Wasser, welches man der Nahrung

zusetzt, auf einmal mit den trockenen Speisen genommen; so hat dasselbe für die Harnstoffausscheidung einen grössern Erfolg, als wenn es erst nach der Verdauung der festen Speisen getrunken wird (Genth).

Wie das reichliche Trinken einerseits durch Anregung der Nierenthätigkeit die Ausscheidung des Harnstoffs mehrt, so steigert sie anderseits auch die Harnstoffbildung. Dafür sprechen folgende Aussagen: bei vielem Trinken von Wasser verschwindet aus dem Harn die Harnsäure (Genth); es nimmt während längeren Wassergebrauchs das Körpergewicht trotz einer unveränderten festen Nahrung ab; es genügt zur Stillung des Hungers die Nahrung nicht mehr, welche ohne die Wasserdiät hinreichte; es nimmt das Körpergewicht nach Aussetzung des Wassergebrauchs durch die unveränderte Menge fester Speisen zu (Benecke, Genth, Mosler).

In Folge von Kalt- und Warmwasserbädern kann sich die tägliche Harnstoffausscheidung mehren und mindern (Neubauer, Genth, J. Lehmann)*), je nachdem das Bad auf die Absonderungen durch die Haut gewirkt hat.

d) Ein Salpeter- und Kochsalz-Mehr in der Nahrung erhöhen den Harnstoff (Boussingault, Barral, Bischoff, Kaupp, Schirks). — Diese Wirkung des Kochsalzes schlägt in das Gegentheil um, wenn die Kochsalz-Nahrung ohne Vermehrung des Trinkwasser längere Zeit andauert (Botkin).

Als harnstoffmindernd sieht man auch den Kaffeeaufguss an (Böcker, J. Lehmann). — Die Harnstoffabscheidung wird noch geändert durch Darreichung einiger chemischer Präparate, und zwar wird sie vermehrt durch die Einnahme von Harnstoff (Wöhler, Frerichs **), Gallois ***), vorausgesetzt, dass er nicht in sehr beträchtlicher Menge gegeben wird, denn dann ist er ein Gift. Schon 30 bis 40 Minuten nach Einführung von 5 Gr. Harnstoff in den Kaninchenmagen beginnt die vermehrte Abscheidung; sie ist erst nach 60 bis 70 Stunden beendigt. — Vermehrend wirkt auch Harnsäure (Wöhler, Frerichs, Neubauer †). Die Art ihrer Wirkung veranschaulicht der folgende Versuch von Neubauer. Ein Kaninchen gab mit der bestimmten Menge Rübenfutter täglich 1,34 Gr. Urin. Als es daneben in 2 Tagen 24 Gr. Harnsäure empfing, lieferte es nun in 3 aufeinander folgenden Tagen 5,3, 8,5, 6,2 Gr. $\overline{Ur}$. Am 4. Tag kam es erst wieder zu 1,33 Gr. In jenen 3 Tagen waren also 16,0 Gr. Harnstoff mehr, als die Rüben liefern, ausgeschieden; die Harnsäure hatte 17,1 Gr. Harnstoff geben können. — Gallois fand dagegen nach Einverleibung von harnsaurem

*) Meissner's Jahresbericht für 1856. 300 und 325.
**) Liebig's Annalen. 65. Bd. 335.
***) Gazette médicale de Paris. Juin 1857.
†) Liebig's Annalen. 99. Bd.

Kali keine Harnstoffvermehrung. — Vid. Oxalsäure des Harns. — Aehnlich wirken Guanin (Kerner)*), welches sich jedoch nicht so vollständig wie Harnsäure in Harnstoff umzusetzen scheint; Thein und Theobromin (Frerichs, Wöhler, Lehmann); Cubeben und Cantharidentinktur (Sigmund)**), wobei sich jedoch nach Beckmann die Verhältnisse sehr verwickeln; Ol. terebinth. aether. (Beckmann), Digitalis sollen die Harnstoffausscheidung mindern (Sigmund, Becher).

2) Gleiche Lebensart führt bei höherer Lufttemperatur zu etwas weniger Harnstoff als bei niederer (Kaupp).

3) Alles Andere gleich, wird die tägliche Harnstoffmenge etwas geringer, wenn die Blase selten, grösser, wenn sie öfters entleert wird (Kaupp). — Bei den unter 2 und 3 hervorgehobenen Umständen änderte sich das Harnvolum durch Hebung der Schweissbildung und Minderung des Harnwassers.

4) Muskelanstrengung mehrt die Harnstoffausscheidung, wenn das für die genossene Nahrung erreichbare Maximum noch nicht gewonnen ist, selbst dann, wenn sich das Harnvolum nicht ändert; also bei einer Kost von mittlerem Wassergehalt wird die Harnstoffausscheidung reichlicher, wenn die Muskeln anhaltend gebraucht werden; ist dagegen die Kost sehr wasserreich, so mindert die hinzukommende Bewegung den Harnstoff eher, als dass sie ihn mehrt. (Genth, Mosler). Da sich zugleich das Harnvolum bei der Bewegung gemindert hat, so würde die Beobachtung sagen, dass die Muskelbewegung die Harnstoffausscheidungen nicht so weit gesteigert habe, dass der durch die Schweissbildung erzeugte Verlust habe gedeckt werden können.

5) In allen bis dahin beobachteten Individuen, wie sehr auch ihre Lebensweise mit Rücksicht auf den Genuss von festen und flüssigen Speisen, Körperbewegung und Temperatur geregelt war, stellte sich die tägliche Harnstoffmenge nicht von einem zum andern Tage vollkommen gleich her, sondern sie schwankte auf und ab in mehr oder weniger regelmässigen Perioden und Abständen. Diese Thatsachen fordern die Annahme, dass die an der Bildung oder Ausscheidung des Harnstoffes betheiligten Vorgänge aus inneren in dem thierischen Haushalt begründeten Einrichtungen veränderliche Werthe sind.

Beigel fand in zwei Fällen während der Menstruation weniger Harnstoff, als unmittelbar vor und nachher; da vor der Menstruation weniger Harn (mit mehr Harnstoff), als während derselben geliefert wurde, so wäre daraus zu schliessen, dass bei diesem Zustand die Harnstoffbildung vermindert sei. — Auch in einigen Krankheiten, z. B. dem Typhus, ist die Harnstoffausscheidung vermehrt, in anderen, z. B. der Bright'schen

*) Virchow's Archiv. VI. Bd. 245.

**) Meissner's Jahresbericht für 1857. 313.

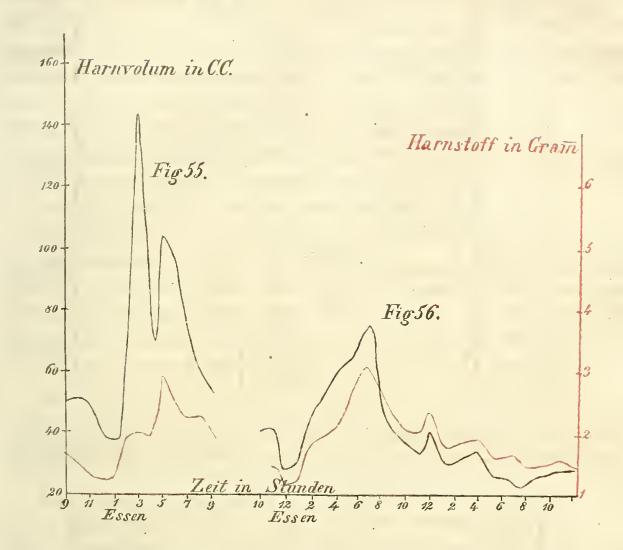
Nierendegeneration und dem gelben Fieber, mindert sich die Menge des ausgeschiedenen Harns sehr merklich. In dem ersten Fall (Nierendegeneration) häuft er sich im Blute an; der Grund der Verminderung liegt darum nur in dem ausscheidenden Apparat.

Eine Vergleichung der täglichen Absonderungsgeschwindigkeit des Harnstoffs in verschiedenen Lebensaltern und Geschlechtern hat Thatsachen ergeben, welche, wie es scheint, in vollkommener Uebereinstimmung mit den Ableitungrn aus dem bis dahin Mitgetheilten sind, insofern im Allgemeinen Männer und Kinder mehr essen und sich bewegen, als Frauen und Greise. — 1) Bei Kindern ist die Bildung des Harnstoffs lebhafter, als bei Erwachsenen, sehr bedeutend gehemmt ist sie im Greisenalter (Lecanu*), Scherer**), Bischoff). 2) Beim männlichen Geschlecht soll im Allgemeinen die Harnstoffbildung in grösserem Maassstab vor sich gehen, als beim weiblichen (Becquerel***) Lecanu, Bischoff). Ueber die Harnstoffabscheidung schwangerer Frauen s. Böcker†).

B. Aenderung des Harnstoffs mit den Tageszeiten. 1) Im ruhenden und hungernden Individuum bleibt die Geschwindigkeit der Harnstoffausscheidung nicht fortwährend gleich. In einer von Becher an sich selbst gewonnenen Beobachtung ging Harn und Harnstoffmenge vom Morgen bis in die späteren Nachmittagsstunden unter Auf- und Abschwankungen der höchsten Erhebung zu und sank von da wieder. Diese Erscheinung schliesst sich den ähnlichen der Gallen- und CO_2-Ausscheidung durch Leber und Lunge an, und zeugt für den schaukelnden Gang der Umsetzungen und Ausscheidungen aus einem uns unbekannten Grunde. — 2) Beim speisenden Individuum macht sich die Zeit, in der feste und flüssige Speise genommen wird, merklich. Fig. 55 und 56 (umstehend). Die Speisezeit ist in dem Abrisse durch einen Strich angedeutet; das Mahl hatte einen beträchtlichen Fleischantheil. Die erste Curve ist nach Becher's, die zweite nach Voit's Angabe entworfen. Kurze Zeit nach der Fleischmahlzeit steigt der Harnstoffgehalt, erreicht etwa nach sechs Stunden seinen Höhepunkt und sinkt dann wieder. Sinken und Steigen geht mit Schwankungen um eine mittlere Linie vor sich. — Auch der blosse Genuss von Wasser steigert nach Mosler die Harnstoffmenge. — Legt man gleichzeitig die Curve der stündlichen Aenderung des Gesammtharns über

*) Journal de pharmacie. XXV. Bd. 1839.
**) Würzburger Verhandlungen. III. Bd. 180.
***) Der Urin. Leipzig 1842. 26.
†) Scherer's Jahresbericht für 1848. 93.

Fig. 55 und 56.



die des Harnstoffes, so ist ersichtlich, dass beide Linien, untergeordnete Ausnahmen abgerechnet, gleichzeitig zu steigen und zu fallen beginnen. Dabei ist jedoch der Gang durchaus kein proportionaler. Dieses erklärt sich insbesondere bei den Curven der Speisetage sehr leicht, wenn man sich erinnert, dass der Wasser- und Harnstoffgehalt des thierischen Körpers nicht in einem bestimmten Verhältniss stehe; wäre also nach Tische das Wasser der Organe und des Blutes rascher vermehrt als ihr Harnstoff, so würde, gleiche Nierenthätigkeit vorausgesetzt, jetzt mehr Wasser, weniger Harnstoff, später mehr Harnstoff und weniger Wasser ausgeschieden.

Einige Mittelzahlen aus Beobachtungen am Menschen sind zum Beleg der aufgestellten Regeln in der folgenden Tafel verzeichnet.

Geschlecht und Alter.	Körpergewicht i. Kilo.	Nahrung.	Harnmge. in C. C. whd. 24St.	Harnstff in Gr. w. 24 St.	Harnstff f. 1 Kilo Krprgw.	Bemerkungen.	Beobachter.
Männl. 35 J.	?	Fleisch u. Eier	?	53,0	?		Lehmann.
		gemischte		32,0			
		Pflanzenkost		22,5			
		Zucker		15,4			
Männl. 24 J.		gemischte		47,2	?		Becher.
		ohne Nahrung		30,6			
		gemischt mit 10,8Lt. Wass.		71,16			
		1 Tag nachher dieselbe Kost ohne Wasser,		40,36			
		2 Tage nachher idem		47,79			
Männl. 45 J.	108	reichl. höherer Stände	1662,7	37,7	0,35		Bischoff.
Weibl. 43 J.	89,75		951,2	25,3	0,28		
Männl. 16 J.	48,5		741,6	19,9	0,41		
Weibl. 18 J.	65,6		723,3	20,9	0,32		
Männl. 3, 5 J.	38,6	gemischt	—	12,98	0,81		Scherer.
" 7 J.				18,29			
22 J.	135,0			27,00	0,42		
38 J.				29,82			

In den nun folgenden Versuchen war die Kost eine geregelte, gemischte; jeder Beobachtete genoss zwar eine von der andern verschiedene, aber während der Versuchsdauer immer dieselbe.

Geschlecht und Alter.	Körpergewicht i. Kilo.	Nahrung.	Harnmge. in C. C. whd. 24St.	Harnstff in Gr. w. 24 St.	Harnstff f. 1 Kilo Krprgw.	Bemerkungen.	Beobachter.
Männl. 39 J.	74,40	u. ohne Wass.	1252	40,21	0,54	mit vermehrter Körperbeweg.	Genth.
	74,56		1259	44,99	0,60		
	74,04	und 2 Liter Wasser	3251	46,60	0,62	d. Wasser auss. der Mahlzeit	
	74,19		3175	50,12	0,68		
	73,99	und 4 Liter Wasser	5514	54,26	0,73	währ. d. Mahlz.	
	73,68		5075	52,13	0,71	ohne Bewegung	
	74,35	und 1 Liter Wasser	2325	46,38	0,62	mit Bewegung	
Männl. 26 J.	67,0	Dieselbe Kost u. 33,6 Gr. NaCl	2309,6	35.80	0,53		Kaupp.
		u. 1,5 Gr. NaCl	2162,0	33,50	0,50		
		gemischte Kost	1369,1	37,77	0,56	12 Harnentl. in 24 Std.	
			1348,6	34,75	0,52	2 Harnentl. in 24 Std.	
Weibl. 30 J.	65,0	gemischte Kost	898	27,17	0,42	vor d. Menstruat.	Beigel.
			954	24,70	0,38	währd d. Menstruat.	
			997	28,39	0,44	nach d. Menstruat.	
Männl. 20 J.	44,5	gemischt. Kost u. 2500 kalt. Wasser.	4723	41,0	0,85	ruhig zu Hause	
			3977	46,17	0,95	Beweg. i. Freien	
		gemischt. Kost u. 2500 warm. Wasser.	4943	52,25	1,08	ruhig zu Hause	
			3663	54,0	1,12	Beweg. i. Freien	

Zur quantitativen Bestimmung des Harnstoffs dürften von nun an nur noch die Methoden von Liebig, Bunsen oder Heintz angewendet werden, da die ältern Verfahrungsarten zu Verlusten führen. Die Zahlen von Bischoff, Scherer und Becher, welche nach Liebig's Vorschrift analysirten, sind darum nicht vergleichbar mit den Lehmann'schen.

Kreatin*) und Kreatinin können fast immer aus dem Harn dargestellt werden (Heintz, Pettenhofer, Liebig). Da das letztere sich sehr leicht in das erstere umwandelt, so ist man geneigt, alles Kreatin aus dem Kreatinin abzuleiten. Seine Menge wechselt; es ist reichlicher im Harn Fleisch- (resp. Milch-) fressender Thiere, z. B. der Kälber (Socoloff), der Hunde (Liebig). Vorzugsweise reich ist der Harn an Kreatin, welcher nach ein- bis mehrstündiger Unterbindung eines Ureters aus der bis dahin ruhenden Niere ausgeschieden wird (Hermann).

Dessaignes fand in 100 C.C. Menschenharn 0,2 Gr. Kreatinin.

Harnsäure**). Das $2NaO, HO, PO_5$ des Urins soll sie flüssig erhalten, indem dieses Salz durch freie Harnsäure in $NaO, 2HO, PO_5$ und $NaO 2\bar{U}r$ verwandelt wird (Liebig); auch sollen die Harnfarbstoffe zur Lösung der Harnsäure beitragen (Duvernoy). Hierdurch erklärt es sich, warum der Harn so viel mehr Harnsäure gelöst enthält als das Wasser von gleicher Temperatur.

Die Harnsäure-Niederschläge im gelassenen Harn sind veranlasst entweder durch Abkühlung der aus der Blase entleerten Flüssigkeit oder durch eine in Folge der Harngährung eintretende Säurebildung, die die Löslichkeit der Harnsäure um so mehr beeinträchtigt, wenn sie auch die lösenden Farbstoffe zerstört.

Das Maximum der täglichen Harnsäureausscheidung, zu welchem es der gesunde Mensch bringt, ist nach absolutem Maass immer nur ein geringes; die Schwankungen aber, die jene Absonderung in ihren (engen) Grenzen erleidet, sind verhältnissmässig bedeutend; diese Schwankungen treten zum Theil scheinbar unbegründet, d. h. während ganz unveränderter Lebensumstände auf; diese Unregelmässigkeiten werden aber geringer, wenn man statt der täglichen Ausscheidungen mehrtägige miteinander vergleicht (Ranke). Eine Aenderung der Ausscheidung bewirkt die Ernährungsweise; der Hungernde entleert wenig Harnsäure und zwar mit der steigernden Fastenzeit weniger (Ranke). Fleischnahrung giebt am meisten, weniger Pflanzenspeise, noch weniger eine Kost aus Zucker (Lehmann, Ranke). Ganz verschwindet sie nach sehr reichlichem Genuss von Wasser (Genth), dagegen sollen alkoholische Getränke sie vermehren. Geringe Körperbewegungen sollen sie mindern,

---

*) Heintz, Zoochemie 1853. 192. — Liebig, dessen Annalen. Bd. 108. — Dessaignes, Giessen. Jahresber. 1857. 543. — Hermann, Wiener akadem. Berichte. l. c.

**) Liebig, Annalen. 50. Bd. 161. — Bence Jones, Philosophical transactions. 1849. 250. — Ranke, Ueber die Ausscheidung der Harnsäure. München 1858. — Hecker, Virchow's Archiv. XI. 225.

kräftige sie mehren (Ranke); das Letztere soll auch durch Minderung der Hautausdünstung erreicht werden, vorausgesetzt, dass das Harnmaass dadurch entsprechend gesteigert ist (Marcet). — Sektionen von Kindern, die innerhalb einiger Wochen nach der Geburt gestorben sind, zeigen öfters Nieren, deren Canälchen mit Harnsäurekrystallen gefüllt sind (Cless). Ob dieses allen gesunden Neugebornen eigen ist, wann nach der Geburt die Harnsäure erscheint und wie lange sie besteht, ob dabei eine Vermehrung der Harnsäure eintritt, ob die Harnsäure die Nieren als solche verlässt oder dort vorher verändert wird, darüber geben, wenn auch noch unbestimmte Aufklärung, die Beobachtungen von Virchow, Hodann, Hecker.

In Krankheiten, namentlich in fieberhaften, ist die tägliche Harnsäuremenge oft ungewöhnlich vermehrt; auch im Icterus ist sie reichlicher vorhanden (Kühne); ebenso in der Leukämie (Virchow, Ranke). — Vermindert soll sie werden nach Chiningebrauch (Ranke).

Das Mittel der täglichen Menge setzt Becquerel auf 0,5; Bence Jones von 0,4 bis 0,6 Gr. — Lehmann fand bei Fleischkost 1,5 Gr., bei gemischter Kost 1,2 Gr., bei Pflanzennahrung 1,0 Gr., bei Zuckerfütterung 0,74 Gr. — Ranke bei Pflanzennahrung im Mittel 0,7 Gr., bei Fleischnahrung 0,9 Gr.

Die Veränderung der Harnsäureausscheidung mit der Tageszeit wird bestimmt durch die Vertheilung des Essens; bei einer täglichen Hauptmahlzeit fällt das Maximum der stündlichen Ausscheidung einige Stunden hinter dieselbe, das Minimum aber unmittelbar vor sie.

Vielen Thieren, z. B. den Hunden, den Katzen, den Wiederkäuern, fehlt die Harnsäure zwar nicht immer, aber doch meist; andere, wie Vögel, Schlangen u. s. w., entleeren sie massenhaft. Die Lagerung der Harnsäure bei Vögeln und Schnecken im Innern der Zellen, welche die Harncanälchen auskleiden (Busch, Wittich), hat die Aufmerksamkeit erregt.

Man unterstellt eine enge Beziehung zwischen Harnsäure und Harnstoff, indem man die erste als eine Uebergangsstufe zum Harnstoff bei der Zersetzung von Leim und Eiweiss ansieht. Ausser den Wahrscheinlichkeitsgründen, welche die chemischen Formeln in die bekannten Zerfällungsprodukte der Harnsäure darbieten, ist anzuführen, dass die eingenommene Harnsäure als Harnstoff austritt, und dass sie in den Geweben auch solcher Thiere zu finden ist, deren Harn frei von unserer oder einer ihr ähnlichen Säure ist.

Xanthin. In sehr geringer Menge (Strahl, Lieberkühn, Strecker) zuweilen als Harnstein (Marcet, Liebig, Wöhler).

Hippursäure*). Sie wird durch das 2NaO, HO, PO_5 des Harns gelöst erhalten. Sie bildet einen meist noch geringern Antheil des Menschen-Harns als die Harnsäure; nach Ranke, Duchek u. A. soll sie häufig ganz fehlen. — Vermehrt wird ihre tägliche Menge in erster Linie durch den Genuss von Benzoësäure und solchen Nahrungs- und Arzneimitteln, die sie und ihre Salze, oder solche Benzoylverbindungen enthalten, die sich leicht zu Benzoësäure oxydiren. Ihr mehrender Einfluss ist jedoch in enge Grenzen geschlossen (Ure, Wöhler, Frerichs). Nimmt ein Mann von mittlerer Grösse täglich mehr als 2 Gr. Benzoësäure, so erscheint ein Theil der letztern als solche, und nicht zu Hippursäure verwandelt, im Harn (Duchek). Vermehrt wird die Hippursäure ferner durch den Genuss von Zimmtsäure ($C_{18}H_8O_4$) (Marchand), Bernsteinsäure, wie Buchheim und Kühne behaupten, denen jedoch Hallwachs entgegentritt, und endlich durch den Genuss von Gräsern, Gemüsen, Früchten, die nur sehr wenig oder auch gar keine Benzoylverbindungen enthalten (Hallwachs, Weissmann, Duchek). Vermindert wird sie dei Grasfressern durch Brodnahrung (Weissmann), beim Menschen, Hunden, Kälbern durch Fleischnahrung; Ranke, Wurtz und Kühne sahen sie nach dieser Kost ganz schwinden. Bei der Harnruhr kommt sie jedoch auch während ausschliesslicher Fleischkost vor. Nach der Beobachtungen von Roussin, die Hallwachs im Allgemeinen bestätigt, geben Arbeitspferde mehr Hippursäure als Luxuspferde. Die beiden Beobachter legen den Grund für das Mehr in die stärkere Muskelanstrengung; ob ihn nicht das Futter bedingt?

Hallwachs fand bei gemischter Diät bis zu 1 Gr. Hippursäure. täglich; Weissmann nach einer weniger genauen Scheidungsart bei gemischter Kost zu 2,4 bis 3,4, bei Fleischkost bis zu 0,8—1,8 Gr.

Da die Hippursäure aus der Summe der Atome der Benzoësäure und des Glycins weniger 2 At. Wasser besteht, da sich aus den genannten Stoffen die Hippursäure darstellen und diese sich auch wieder in Benzoësäure und Glycin zerlegen lässt (Dessaignes), so darf man wohl behaupten, dass sich die genossene Benzoësäure mit dem im thierischen Körper vorfindigen Glycin

*) H. Ranke, Physiolog.-chemische Untersuchungen etc. Erlangen 1851. — Roussin, Compt. rend. 42. Bd. 583. — Hallwachs, Ueber den Ursprung der Hippursäure im Harn der Pflanzenfresser. 1857. — Weissmann, Ueber den Ursprung der Hipp. im Harn der Pflanzenfresser. 1857. — Kühne und Hallwachs, Archiv für pathol. Anatomie. XII. Bd. 386. — Kühne, ibid. 396. — Meissner's Jahresbericht für 1856. 271. — Duchek, Chemisches Centralblatt 1856. 300.

paare. Dieses letzte liefert die Leber in der Glycocholsäure und die Paarung geht im Blute vor sich (Kühne, Hallwachs).

K. und H. geben in einer durchdachten Arbeit folgende Gründe für ihre Behauptung. Benzoësäure allein in das Blut gespritzt geht alsbald wieder als solche in den Harn über, die plötzliche Mehrung dieses Atoms im Blut entspricht keiner gleichen des Glycins; spritzt man aber Benzoësäure und zugleich eine entsprechende Menge glycocholsaures Natron ein, so wird der Harn entsprechend hippursäurehaltig. — Bringt man Benzoësäure in den Magen, so entsteht, weil sie nur langsam, und zwar der Glycinbildung in der Leber gemäss, zum Blut kommt, auch Hippursäure, selbst dann noch, wenn man eine Gallenfistel anlegt, die alle Galle, welche zur Blase kam, nach aussen führt; also geht die Paarung nicht im Darm, sondern im Blut vor sich. Die Bildung der Hippursäure steht aber still, wenn man nach dem Eingeben von Benzoësäure die Gallen- und Blutgefässe im Hilus der Leber unterbindet; also liefert die Leber das Glycin. — Dunkel ist es noch, woher die Benzoësäure kommt, wenn im Futter keine Benzoylverbindungen enthalten sind. Man hat verschiedene Vermuthungen über ihren Ursprung festgestellt; so glaubte man sie u. A. ableiten zu können aus der lebendigen Umsetzung des Eiweisses und Leimatome, weil sie durch Oxydation der letztern künstlich dargestellt werden kann. Wenn es sich bestätigt, dass die Hippursäure mit Hülfe der Bernsteinsäure entstehen könnte, so würde um so eher die letzte Ursache ihrer Bildung im thierischen Stoffwechsel gesucht werden müssen, als Bernsteinsäure schon im lebenden Körper gefunden wurde. Auf denselben Ursprung deutet auch die Beobachtung von Lehmann, dass diabetische Kranke nach vieltägiger Fleischkost noch Hippursäure ausharnen.

Die Bedingungen, welche die Entstehung der Hippursäure aus ihren Componenten veranlassen, sind unbekannt. Durch gleichzeitige Digestion von Blut, Leber, Galle und Benzoësäure bei der normalen Säugethierwärme kann sie nicht erzeugt werden, auch dann nicht, wenn durch jenes Gemenge ein Sauerstoffstrom geleitet wird (Kühne).

Nach einer belangreichen Beobachtung von Kühne geht bei gelbsüchtigen Menschen oder Hunden, deren duct. choledochus allein unterbunden war, die eingegebene Benzoësäure als solche in den Harn über, obwohl dieser letztere dann Cholalsäure enthält. Also muss bei der in jenem Falle bestehenden Gallenstauung die Bildung des Glycins in der Leber unterbrochen sein.

Kohlenhydrate. Im Harn sind aus dieser Classe beobachtet worden: Trauben-, Rohr-, Milchzucker, ein nicht krystallisirender gährungsfähiger, die Polarisationsebene links drehender Zucker*), Inosit, Mannit, Milchsäure.

Der Trauben- oder Leberzucker**). Cl. Bernard hält die beiden nicht für gleichartig wegen ihres ungleichen Widerstandes

*) Löwig, Chemie der organ. Verbindungen. 1846. I. 422.

**) E. Brücke, Wiener akad. Sitzungsber. 28. u. 29. Bd. 285. — Blot, Compt. rend. 43. Bd. p. 676. — Leconte, ibid. 44. Bd. Juin. — Wiederhold, Chem. Centralbl. 1857. — Meissner, Henle's

gegen die zersetzenden Einflüsse des thierischen Körpers. Dieser Zucker kommt fast regelmässig, jedoch in sehr veränderlichen Mengen, im Harn vor; er scheint in dem Maasse durch die Niere zu treten, in welchem er im arteriellen Blut enthalten ist. — Im Harn eines auf gewöhnliche Weise ernährten Menschen fand ihn Brücke jedoch in so geringer Menge, dass das durch ihn bei der Trommerschen Probe zu Oxydul reducirte Oxyd sich im Ammoniak des Harns löste; indem man diese Wirkung des Ammoniaks nicht beachtete, übersah man bisher, dass der gesunde Harn Zucker enthält. — In vermehrter Menge wird er nach einer reichlichen Mahlzeit beobachtet, namentlich wenn diese viel Zucker führt und genossen wurde, nachdem ein 24 bis 36stündiges Fasten vorausgegangen war (Cl. Bernard). — Vermehrt ist er ferner bei Säugenden (Blot), was von Leconte, Meissner u. A. jedoch ohne genügenden Gegenbeweis bestritten wird; namentlich vermehrt ist er bei Säugenden nach Unterdrückung der Milchabsonderung. Ferner, wenn die Bildung des Zuckers in der Leber lebhafter ist, also beim diabetes mellitus, nach einem Stich in die Mittellinie des verlängerten Markes, nach der Durchschneidung des nervus splanchnicus in der Unterleibshöhle; die in Folge der beiden letzten Verwundungen gesteigerte Zuckerausscheidung verschwindet, wenn das Thier sonst gesund bleibt, nach mehreren Stunden wieder (Cl. Bernard). Der Harnzucker vermehrt sich ferner nach Curare-Vergiftung, wenn das Leben durch künstliche Respiration erhalten wird (Cl. Bernard), ferner nach Einspritzung von Aether und verdünnter Ammoniaklösung in die Pfortader (Harley), nach Einathmunng von Aetherdämpfen (Reynoso). — Endlich erscheint er reichlicher, wenn eine Traubenzuckerlösung in das Blut gespritzt wird. Um eine deutliche Vermehrung des Harnzuckers zu erzielen, mussten Hunden von etwa 6700 Gr. Gewicht 10 bis 13 Gr. Zucker injicirt werden; es gingen dann in den Harn etwa 1,4 bis 0,2 Gr. Zucker über; die Ausscheidung geschah in den ersten fünf auf die Einspritzung folgenden Stunden. Als nur 5 bis 7 Gr. Zucker injicirt waren, hatte sich der des Harns nicht merklich vermehrt (Falk, Limpert). Aehnliche Erfahrungen machten am Kaninchen Cl. Bernard, Lehmann, Uhle, Becker.

---

und Pfeufer's Zeitschrift. — Boedeker, ibid. 3. R. VII. Bd. — Limpert und Falk in Virchow's Archiv. 9. Bd. 56, wo auch die Literatur über Zuckereinspritzungen zu finden. — Cl. Bernard, Leçons sur les liquides. II. Bd. 74 ff. — Heynsius, Archiv für holländ. Beiträge. 1857. I. Bd. 243. — S. auch die Literatur auf S. 311 dieses Bandes unter ***).

Ausser der im Text erwähnten verdeckenden Eigenschaft des Ammoniaks enthält der Harn noch zwei andere Verbindungen, welche zu Fehlern in der Zuckerbestimmung, und zwar nach der entgegengesetzten Richtung hin, führen können. Der von Schunck im Harn aufgefundene indigobildende Stoff giebt sehr leicht den mit ihm gepaarten Zucker ab und die Harnsäure reducirt ebenfalls das Kupferoxyd. Um diesen Täuschungen zu entgehen, stellte Brücke aus dem frischen, nicht eingedampften Harn durch Zusatz von viel Alkohol und von etwas reinem Kali Zuckerkali dar; die in der alkoholischen Flüssigkeit unlöslichen Krystalle löste er in Wasser auf; dann bewies er die Abwesenheit der Harnsäure durch den negativen Erfolg der Murexidprobe und die Anwesenheit des Zuckers durch die nun gelingende Trommer'sche Reaktion und durch die Reduktion des basisch salpetersauren Wismuthoxyds. — Nach diesen neueren Erfahrungen verlieren ebensowohl die quantitativen Zuckerbestimmungen des Harns durch die Fehling'sche Flüssigkeit ihren Werth, als auch die Angabe, die man gemacht hat über die Grenzen, innerhalb deren sich der Zuckergehalt des Blutes bewegen könne, bevor der Harn zuckerhaltig werde. — Die Angabe von Blot, dass Säugende häufig zuckerreichen Urin entleeren, wird von den Fehlern, welche so eben erwähnt wurden, nicht berührt, weil er ausser der Trommer'schen auch noch die Probe durch Gährung in Anwendung brachte.

Rohrzucker findet man im Harn öfter aber nicht immer nach reichlichem Genuss desselben, und dann nach Injektion desselben ins Blut. Unter den letzten Umständen gilt das Gleiche vom Milchzucker. Doch besteht nach Cl. Bernard, Falk und Limpert zwischen den Erfolgen, die das Einspritzen von Rohr- und Milchzucker nach sich ziehen, der Unterschied, dass mehr Milchzucker dem Blut zugesetzt werden muss, wenn er in den Harn übergehen soll, und dass von gleicher, in das Blut eingeführten Menge Rohr- und Milchzuckers von letzterem ein geringerer Antheil in den Harn übergeht. Es steht also der Milchzucker rücksichtlich seiner Ueberführbarkeit in den Harn und seiner Zersetzbarkeit in dem Blut in der Mitte zwischen Trauben- und Rohrzucker.

Inosit, der in der Niere selbst enthalten ist, wurde nur einmal von Cloëtta im Harn bei Brightscher Entartung beobachtet; im gesunden Harn fehlt er. — Mannit geht aus dem Magen in den Harn über, aber nur zum kleinen Theil, zum grössern, wenn er in das Blut gespritzt wird. Der Unterschied soll davon abhängen, dass das Mannit im Darmkanal schon in Milchsäure sich umsetzt (Bidder, Witte)*).

Milchsäure fehlt dem Harn für gewöhnlich, sie soll zuweilen nach zuckerhaltiger Kost zugleich mit oxalsaurem Kalk vorkommen (Lehmann). In dem aus der Niere getretenen, in der Blase ver-

*) Meissner's Jahresbericht für 1856. 273.

weilenden oder in schon gelassenem Harn entsteht sie bei der sauern Gährung desselben.

Farbstoffe *). Der Harn kann roth, gelb, grün, blau, braun, schwarz gefärbt sein. Von den diese Färbungen bedingenden Stoffen sind uns bekannt

a) der Urhaematin, Harnroth; es enthält Eisen (Harley) nnd N (Scherer) und zeigt auch Aehnlichkeit in seinen Reaktionen mit Blutroth; vielleicht stimmt es vollkommen mit ihm überein. Im Harn mehrt es sich, wenn im Blute das Roth von den Körperchen auf das Plasma übertragen wird, z. B. nach Einspritzungen in die Blutgefässe und zwar von Gallensäuren (Dusch, Frerichs), die die Blutkörperchen lösen (Hünefeld, Kühne), oder von Wasser, welches die Blutkörperchen auswäscht (Kierulf, Hartner).

b) Brauner Gallenfarbstoff, welcher mit NO_5 übergossen das bekannte Farbenspiel giebt, erscheint im Harn, wenn er aus der Galle in das Blut tritt, z. B. nach Hemmungen des Gallenabflusses; ferner wenn farblose Galle in das Blut gespritzt wird (Frerichs); seine Anwesenheit im Harn ist dann constant, aber seine Menge nicht im Verhältniss zu der der eingesprizten Gallensäuren; es erscheint am meisten Farbstoff, wenn mit sehr geringen Mengen von Galle zugleich eine Lösung von Haematoglobulin eingespritzt wird. Ebenso entleeren Hunde, die durch Unterbindung der Gallengänge ikterisch wurden, einen ungewöhnlich gallenfarbstoffreichen Harn, wenn man in ihr Blut eine Auflösung des Blutkörpercheninhalts einspritzt (Kühne).

Die Erklärungen für das Auftreten des Farbstoffs nach der Einspritzung von Gallensäure in das Blut sind doppelt. Frerichs und Staedeler lassen aus den in den genannten Säuren selbst enthaltenen Atomen die Farbstoffe entstehen. Denn es kann nach Staedeler durch SO_3 aus der Glycocholsäure ein Körper hergestellt werden, der an der Luft ein ähnliches Farbenspiel zeigt, wie der Gallenfarbstoff mit NO_5. Frerichs unterstützt seine Meinung noch dadurch, dass er im Harn von Hunden die Gallensäure nicht wiederfinden konnte, wenn er diese letztere dem Blut der genannten Thiere beigemischt hatte. Mit dem genauen Verfahren von F. Hoppe ist es jedoch Kühne gelungen, im beregten Fall immer Gallensäure im Harn nachzuweisen. Hält man damit zusammen, dass niemals ein der eingespritzten Gallenmenge auch nur entfernt sich annäherndes Farbstoffgewicht im Harn vorkommt, ja dass Frerichs bei 35 pCt. seiner Beobachtungen gar keinen Farbstoff fand, so muss man, um die Annahme des Letzteren zu halten, sagen, dass es noch besonderer, nicht immer gleich-

*) Harley, Würzburger Berichte. V. Bd. April. — Frerichs, Klinik der Leberkrankheiten. p. 95 und 404. — Kühne, Virchow's Archiv. XIV. 310. — Schunck, Chem. Centralblatt. 1851. 957. — Virchow, Würzb. Berichte. II. Bd. 303. — Simon, Beiträge. I. Bd. 118. — Hassal, Pharmazeut. Centralblatt. 1854. 255 und 768. — Scherer, Liebig's Annalen. 90. Bd. 131.

mässig erfüllter Bedingungen bedürfe, damit die Gallensäure zum Farbstoff werden könne. — Kühne sieht dagegen das Blutroth als den Stamm des Gallenfarbstoffs an und betrachtet die Galle nur insofern an der Farbstoffbildung betheiligt, als sie das Blutroth aus den Körperchen befreie. Wollte man dieser Unterstellung auch erlassen zu erklären, warum das Blutroth erst die Körperchen verlassen müsse, um sich umzugestalten, so würde sie doch immer noch angeben müssen, warum fast immer Blutroth unverändert in den Harn übergeht, ohne dass der Harn für gewöhnlich Gallenfarbst. enthält, warum, wie Kühne selbst gefunden, eine Lösung von Haematoglobulin für sich dem Harn keine Gallenfarbe bringt, und warum dieses erst geschieht, nachdem der einzufüllenden Masse Gallensäure zugefügt wird.

c) Im Harn kommt öfter Indigo vor (Prout, Martin, Mitscherlich u. A.). Dieser entsteht aus einem andern indigobildenden Stoff, den Schunck im Harn gesucht und auch häufig dort gefunden hat. Dieser Stoff zerlegt sich durch Säuren (und Gährung?) in Zucker und Indigo; der Harn wird also nur dann blau, wenn jener Indigopaarling zerlegt ist.

Sollte jener Indigobildner mit dem Indican von Schunck gleich sein, so würden sich aus seiner Zersetzung noch andere Verbindungen im Harn herleiten lassen, die man auch schon dort gefunden hat, namentlich Harze, Leucin, Ameisen-, Essig-, Propionsäure, und das Indiggluzin ($C_{12}H_{10}O_{12}$) würde sich durch Gährung in Essigsäure umwandeln können, ohne vorher Alkohol gewesen zu sein.

In Ermangelung einer Abscheidungsmethode bedient sich J. Vogel*) der färbenden Kraft des Urins, um die relativen Mengen von Farbstoff zu finden, welche in zwei Harnen vorhanden sind. Da nach seinen Beobachtungen die dunkeln von den hellen Harnen sich nicht durch eine besondere Art, sondern durch eine stärkere Concentration des Farbstoffs unterscheiden, so stellte er Normalfärbungen (Farbenskala) her und zugleich die Verdünnung fest, welche die tieferen Farben erfahren müssen, um in die helleren überzugehen.

Ammoniak. Der frische Harn entwickelt immer Ammoniak, selbst bei Anwendung eines analytischen Verfahrens, welches die Harnstoffzersetzung vermeidet (Boussingault, Neubauer)**). Je nach Umständen scheint es als $\overline{Am}O, CO_2$ oder als $\overline{Am}Cl$ vorzukommen. Da auch Ammoniak ausgeathmet wird, so kann kein Zweifel sein, dass ein Theil des Harnammoniaks schon aus dem Blute der Niere abgeschieden wird; unzweifelhaft bildet sich aber auch unter Umständen im Harn Ammoniak.

Neubauer und Genth fanden die Ammoniakmengen von Tag zu Tag veränderlich; die Grenzen lagen zwischen 0,3 bis 1,2 Gr. $\overline{Am}$. = 1,4 bis 3,8 Salmiak. Nach Genth scheint es als

*) Archiv des Vereins für wissensch. Arbeiten. I. Bd. p. 96.

**) Annales de chimie et physique. XXIX. 472. (1851). — Pharmazeut. Centralbl. 1855. 257 u. 281. — Genth, Ueber den Einfluss des Wassertrinkens. 1856. — Dessaignes, Compt. rend. 43. Bd.

ob viel Wasser in der Nahrung die Ammoniakmengen mehre. Salmiak geht aus den Speisen leicht und vollständig in den Harn über. — Im Harn ist auch dreifach Methyl-Ammoniak (Trimethylammin) gefunden worden (Dessaignes).

Harze*) (Omychmyl); sie erinnern nach Scharling durch ihre prozentische Zusammensetzung an die Körper der Salicylgruppe; wann und wie ihre Menge im Harn steigt und fällt, ist noch unbekannt.

Extrakte. Farbstoff, Harnharze, die Spuren der flüchtigen Säuren des Harns**) (Staedeler) und wahrscheinlich noch einige andere Körper, die man nicht von einander scheiden kann, bestimmt man gewöhnlich zusammen und nennt dann dieses Gemenge Extrakte. Nach Lehmann sollen die täglich entleerten Mengen zunehmen bei vegetabilischer Kost; Scherer fand relativ zum Körpergewicht im Harn zweier Kinder (3 und 7 Jahre) weniger Extrakte, als bei Erwachsenen.

Das Chlor des Harns ist an mehrere Basen gebunden; man kann es je nach seiner und der Menge der letzteren zutheilen dem Natrium, Kalium, Calcium, Ammonium. Die alte Annahme, das das Na genüge, um alles Cl zu binden, hat Genth für den Harn nach gewöhnlicher Kost nicht bestätigt gefunden.

Wie viel Chlor täglich aus der Niere fliesst, wird bestimmt durch den Sättigungsgrad der thierischen Säfte mit Chlorsalzen und durch das Maass der Nierenthätigkeit, oder, was dasselbe sagt, durch die Grösse der Zufuhr mit Abzug dessen, was durch Koth und Schweiss austritt.

Das Chlor ist nicht in dem Sinne Auswürfling wie Harnstoff, Hippur-, Schwefelsäure u. s. w. Was über seine Ausscheidung und seine Stellung im Thierleib bekannt ist, führt ungezwungen zu der Annahme, dass der gesammte Chlorbesitz desselben seiner Bedeutung nach zerfalle in einen das Leben erhaltenden, sesshaften, und in einen dem Leben nicht nothwendigen, fliegenden Antheil. Haut und Niere sind also in erster Linie angewiesen auf das fliegende Chlor mit der besondern Aufgabe, dahin zu wirken, dass sich das Chlor nicht bis zu einem die Gesundheit störenden Maasse anhäufe. Die Grenze, welche hiermit dem ausscheidbaren Chlor gezogen wird, ist jedoch keine feste, indem es scheint, als ob der sesshafte Antheil desselben keine im Verhältniss zum Körpergewicht unveränderliche Grösse sei, sondern dass er je nach der

---

*) Liebig's Annalen. 42. Bd. 295.

**) I. Bd. p. 32.

***) Bischoff, Der Harnstoff als Maass des Stoffwechsels. Giessen 1853. — Derselbe, Liebig's Annalen. 88. Bd. 109. — Bidder und Schmidt, Verdauungssäfte. 1852. 312. — Hegar, Scherer's Jahresbericht über physiolog. Chemie für 1852. p. 121. — Wuhdt, ibid. für 1853. p. 135. — Hinkelbein, Uebergang des NaCl in den Harn. Marburg 1859. — Ausserdem Genth, Kanpp, Mosler, Voit l. cit.

Chlorzufuhr innerhalb gewisser Grenzen steige und sinke. Man würde die hier in Frage kommenden Erscheinungen auch so erklären können: wenn der Chlorgehalt der Säfte unter eine gewisse Grenze sinkt, so setzt sich seiner Ausscheidung durch die Niere ein Widerstand entgegen, der mit der Verminderung des Chlorgehaltes im Blut wächst. Als Maass für die Grösse dieses Widerstandes kann aber nicht der nackte Quotient aus dem Chlor und dem Körpergewicht gelten, weil auch eine Chlormästung stattfinden kann. Nach allem Diesen wäre es zunächst wünschenswerth, die Stärke der Chlorausscheidung mit dem Chlorgehalt des Blutes zu vergleichen.

1) Veränderlichkeit mit der Zufuhr. Wird der Katze alle Nahrung entzogen, so verschwindet nach einigen Tagen das Cl vollkommen aus dem Harn (C. Schmidt). — Nach Genuss einer zum Lebensunterhalt sonst genügenden, aber von Chlor vollkommen befreiten (?) Nahrung blieb beim Menschen bis zu dem am 5. Tage erfolgten Schluss der Versuche der Harn chlorhaltig; seine tägliche Menge minderte sich jedoch von Tag zu Tag, erst rasch, dann langsamer. Vom Abend des 3. Tages an enthielt der Harn Eiweiss (Wundt). — Bei einer bestehenden Chlorzufuhr ändert sich der Chlorgehalt des Harns im Allgemeinen wie der der Nahrung, doch ist die tägliche Menge ausgeschiedenen Cl's, nicht gleich der verspeisten. Diese Thatsachen sind von Bischoff und Barral, am genauesten aber von Kaupp verfolgt worden. Aus einer 68 Tage umfassenden Beobachtungsreihe des Letzteren sind die folgenden Zahlen ausgeschrieben. Zu dieser Tabelle ist zu bemerken: Alles Cl ist als Na Cl berechnet, wie es auch im Harn enthalten sein mochte; die auf 24 Stunden bezüglichen Zahlen sind das Mittel aus einer je zwölf Tage dauernden Versuchsreihe; die Zahlen der letzten Columne stellen den Unterschied dar, der nach Verlauf von zwölf Tagen zwischen der Einnahme von Kochsalz und der Ausgabe desselben durch den Harn stattfand; der Unterschied wurde als positiv bezeichnet, wenn die Einfuhr, als negativ, wenn die Ausgabe überwog. — Die Einnahme konnte ohne Störung der Kothbildung nicht über 33 Gr. täglich gesteigert werden. Die Versuche wurden in der Reihenfolge angestellt, in der sie hier niedergeschrieben wurden.

Mittlere Temperatur.	Tägl. Na Cl-Aufnahme.	Tägl. Na Cl-Ausscheidung.	Tägliches Harnvolumen in C. C.	Verhältniss zwischen Ein- u. Ausfuhr des Na Cl. Zufuhr = 1.	Unterschied der Na Cl-Aus- u. Einfuhr in 12 Tagen.
+ 8,25°	33,6 Gr.	27,3	2309	0,76	+ 75,6 Gr.
9,8	28,7 „	24,06	2278	0,79	+ 56,4 „
16,5	19,0 „	17,05	2455	0,89	+ 24,0 „
16,1	14,2 „	13,57	2056	0,96	+ 7,2 „
12,5	9,3 „	10,08	2534	1,06	− 9,6 „
16,5	1,5 „	3,77	2162	2,46	− 27,6 „
14,2	23,9 „	17,63	2384	0,72	+ 75,6 „ .

Diese Zahlen ergeben, dass im Allgemeinen mit der Aufnahme auch die Ausscheidung des Chlors ansteigt, jedoch nicht so, dass immer gerade so viel entleert wird, als verzehrt war. Geht man von den grössten Chlormengen abwärts, so ergiebt sich, dass anfänglich die Aufnahme die Ausscheidung überwiegt, dass dann ein Punkt kommt, in welchem sich beide das Gleichgewicht halten und dass bei noch weiter vermindertem Chlorgehalt der Nahrung der des Harns überwiegt. Betrachtet man dann das Verhältniss, in welchem das Cl der Nahrung und des Harns zu einander stehen (Col. 6), so zeigt sich, dass relativ zur Nahrung um so weniger Cl durch die Niere geht, je reichlicher es in den Speisen vertreten war. Inwieweit das beträchtliche Missverhältniss, welches die erste Versuchsreihe zwischen dem Cl der Nahrung und des Harns aufweist, abhängig ist von einer Anhäufung des Chlors in den Säften oder von einer vermehrten Ausgabe durch Schweiss und Koth, diess muss wegen mangelnder Beobachtung unentschieden bleiben. Jedenfalls wird ein Theil des nichterscheinenden Chlors dazu verwendet, um den Gehalt der Säfte an Chlor zu steigern. Denn es ist die Menge des Harnchlors, welche an einem beliebigen Tage beobachtet wird, nicht allein abhängig von der Chlormenge der Nahrung, an diesem Tag, sondern auch von der in den vorhergehenden genossenen. Dieses zeigt sich am klarsten, wenn man von einer kochsalzarmen Kost zu einer kochsalzreichen übergeht. Dann wird in den ersten Tagen nach dem Wechsel weniger entleert als später, wenn die neue Kost einige Tage hindurch gleichbleibend innegehalten wurde. Das Umgekehrte gilt bei einer umgekehrten Anordnung des Versuchs. Da diese merkwürdige Erscheinung aus den Mittelzahlen der obigen Tabelle nicht zur Genüge einleuchtet, so dient das folgende Beispiel aus den Zahlen von Kaupp zur weitern Erläuterung.

Nachdem 12 Tage lang je 28 Gr. Na Cl genossen wurden, wurden darauf 12 Tage lang nur je 19 Gr. verzehrt. In den ersten Tagen der letzten Reihe wurden 21,38 Gr., in den letzten derselben Reihe 18,79 Gr. Na Cl entleert. Und als 12 Tage hindurch 1,5 Gr. Na Cl genossen waren und dann während der 12 folgenden Tage auf 23,9 gestiegen wurde, entleerte der Harn am ersten Tage der letzten Reihe 13,2 Gr., am letzten Tage derselben Reihe 18,6 Gr. Na Cl.

Für eine festere Bindung eines Theils des thierischen Chlors, wie sie oben beansprucht wurde, tritt ein das ungemein rasche Absinken des Chlors im Harn nach einer an diesem Element magern Nahrung. Da die meisten thierischen Säfte mehr

als 0,5 pCt. Chlorsalze enthalten, so kann in ihnen nicht in dem Maasse wie im Harn das Chlor abgenommen haben; also mindert sich die Ausscheidung nicht direkt proportional dem Cl-Gehalt des Thieres. — Für irgendwelche Verwandtschaft des Chlors zum Blut spricht auch die Beobachtung, dass der Harn, der mehrere Stunden in dem zugebundenen Ureter eingefangen blieb, einen viel geringeren prozentischen Gehalt an Chlor besass, als dem Blut gewöhnlich eigen ist; dieses ist aus den bekannten Regeln über Diffusion unerklärlich (Hermann).

2) Bei gleichbleibender Kochsalzkost gelten dieselben Regeln, welche für die Harnstoffausscheidung entwickelt sind. Es mehrt sich das NaCl mit dem ausgeschiedenen Harnvolum, mit der abnehmenden Wärme der Atmosphäre, mit der Häufigkeit der Harnentleerungen aus der Blase, und es macht sich auch hier die Individualität der Niere geltend. Körperbewegungen machen, je nachdem sie Schweiss oder keinen bedingen, die Ausscheidung geringer oder stärker. Die Tabelle giebt hierüber einige Mittelzahlen.

Nahrung.	Harnmenge in C.C.	Cl in Gr.	Bemerkungen.	Beobachter.
Dieselbe ohne Wasser .	1252	7,78	—	Genth.
Gemischte „ „ .	1259	7,68	mit Bewegung.	
Nahrung mit 2000 C.C.	3251	9,01	Wasser ausser der Mahlzeit.	
Wasser . . .	3175	9,48	„ während der Mahlzeit.	
„ mit 4000 C.C.	5514	9,48	—	
Wasser . . .	5070	8,33	mit Bewegung.	

Der Veränderung des Harnchlors mit den Tageszeiten ist noch wenig Aufmerksamkeit geschenkt worden. Hegar giebt an, dass er bei gewöhnlicher Kost in je einer Stunde abschied: Nachmittags von 1 bis 10 Uhr = 0,807 Gr., Nachts von 10 bis 7 Uhr = 0,280 Gr. und Morgens von 7 bis 1 Uhr = 0,783 Gr. — Voit hat den Kochsalzgehalt seines Harns von Stunde zu Stunde an dem Tage bestimmt, an welchem er dasselbe für den Harnstoff unternahm (p. 386). Construirt man aus einer Zahl die Curve der Kochsalzschwankung, so sieht man sie ungefähr der des Harnvolums gleichlaufen, namentlich zeigt sich, dass wenige Stunden nach dem Essen schon ein grosser Theil des damals aufgenommenen Kochsalzes wieder austritt. Aehnliches fand Hinkelbein; die Steigerung der stündlichen Entleerung nimmt nach dem letztern Beobachter auch mit dem Salz der Nahrung zu, doch nicht in dem Maasse wie das letztere.

Die Schwefelsäure*) des Harns ist an Alkalien gebunden. Die Schwefelsäure, welche dem Blut zugebracht wird, geht ohne Aufenthalt von dort wieder weiter, denn man findet daselbst immer nur sehr wenig aufgehäuft; dabei steht jedoch nicht Zeit um Zeit der Zu- und Abgang im Gleichgewicht, sondern es überwiegt erfahrungsgemäss in engen Grenzen bald der Zu- und bald der Abfluss. — Das Blut wird in Folge zweier Vorgänge mit SO_3 gespeist, nämlich durch Umsetzung der Leimbildner und der Eiweissarten, oder durch Aufnahme von kalischen Verbindungen des Schwefels oder der Schwefelsäure aus dem Inhalt des Darmes. Was den ersten Hergang betrifft, so wird nicht aller, sondern nur der grösste Theil des eingewachsenen Schwefels in SO_3 umgesetzt; ein andrer fällt mit den Haaren und Hautschuppen ab, ein noch andrer geht im Taurin durch den Darmkanal fort. Trotzdem kann man den Satz gelten lassen, dass die SO_3 dem Blut in dem Maasse zuwächst, in welchem Eiweiss aus Leimbildnern zersetzt werden. Mit der Nahrung nehmen wir zwar S- und SO_3-Verbindungen nicht absichtlich, wohl aber in zufälliger Beimischung auf; da auch ausserdem die genannten Stoffe zu den Arzneimitteln zählen, so könnte der Zugang der Schwefelsäure zum Blut nicht allein sehr veränderlich, sondern er würde auch unter Umständen sehr gross sein, wenn sie und ihre Verbindungen ohne merkliche Hindernisse die Darmwand durchdringen könnten. Diese letztern bedingen es, dass der grösste Theil der genossenen SO_3 aus dem After wieder austritt. — Die Schwefelsäure, die durch das Blut hindurch auswandert, thut dieses zum grössten Theil durch die Niere, zum kleinsten durch die Haut.

Der Inhalt der vorstehenden Einleitung verlangt, dass die tägliche Menge der SO_3 1) mit der Harnstoffausscheidung wachse und falle und dass das entleerte SO_3- und Harnstoffgewicht ein bestimmtes Verhältniss zu einander einhalten, vorausgesetzt, dass sich die Nahrung unverändert erhält. Die Gleichläufigkeit von SO_3 und Harnstoff ist aber nur dann zu erkennen, wenn man den Harn aus mehreren, statt aus nur einem Tage zur Bildung von Mitteln benutzt. Denn Eiweiss- und Leimbildner zerfallen nicht gleich so, dass ihr S und N in SO_3 und Harnstoff eingehen, sondern sie bethei-

*) Simon, Mediz. Chemie. II. Bd. p. 474. — Dumas, Chimie physiologique. Paris 1846. p. 549. — Gruner in Scherer's Jahresb. für physiolog. Chemie. f. 1852. p. 122. — Buchheim, ibid. 1854. 109. — Bence Jones, Philosophical transactions. 1849. II. Thl. p. 252 und ibid. 1850. p. 661. — Bidder und Schmidt, Verdauungssäfte. p. 296 und 313. — Clare, Valentin's Jahresbericht für 1855. 103. — Ausserdem die öfter genannten Abhandlungen von Genth und Mosler.

ligen sich erst noch an der Bildung von andern Atomgruppen, die unabhängig von einander das letzte Ziel erreichen. Also kann trotz gleichen Ausgangspunktes wechselnd bald die SO_3 und bald der Harnstoff den Vorsprung im Laufe zu den Nieren haben.

Je nach der Nahrung, dem Tauringehalt des Kothes u. s. w. wird sich die Verhältnisszahl zwischen dem Harnstoff und der Schwefelsäure ändern; bei Genth liegt sie in 5 miteinander vergleichbaren Reihen zwischen 14,5 bis 16,5; bei Mosler in den längeren Reihen der Versuchspersonen 10. 11. 12. zwischen 13,3 und 14,1. Die Abweichungen sind in Anbetracht der grossen Schwierigkeit und der geringen Ausdehnung der Untersuchung wenig beträchtlich. Vergleicht man das Verhältniss zwischen dem N und dem S in den genannten Stoffen des Harns mit dem in dem Eiweiss und den Leimbildnern, so sieht man, dass es etwa dem des Caseïns gleichkommt; es liegt also in der Mitte zwischen der Verhältnisszahl der genannten Stoffe in Albumin und Leim, wie zu erwarten war.

Da die Ausscheidungsmittel von SO_3 und Harnstoff um so genauer einander parallel laufen, je mehr sich die Beobachtungszahlen den wahren Mitteln annähern, so kann rücksichtlich der Aenderungen, die die tägliche Schwefelsäuremenge des Harns erfährt, durchaus auf den Harnstoff hingewiesen werden. Ausgenommen sind natürlich die Fälle, in welchen der Harnstoff nach dem Verspeisen von S-freien Atomen auftritt. — Die Uebereinstimmung ist durch die Beobachtungen von B. Jones, Gruner, Lecanu, Genth, Mosler, Clare u. A. bewiesen. — 2) Die Zunahme der SO_3 in dem Harn nach der Zumischung einer löslichen Salzverbindung zu den Speisen ist grösser, wenn MgO und $NaO\,SO_3$, als wenn verdünnte SO_3, KaS, oder reiner Schwefel genommen wird (B. Jones). Ihre Menge mehrt sich, wenn die Aufenthaltsdauer der Salze im Darmkanal verlängert wird; durch das willkürliche Anhalten des Stuhls oder durch Opium, welches die laxirende Wirkung des $NaO\,SO_3$ aufhebt (Buchheim).

Die folgenden Mittelzahlen sind aus der Abhandlung von Genth genommen, die feste Nahrung war immer dieselbe gemischte Kost.

Wasserzusatz zur Nahrung in C. C.	Körperbeweg.	Tägl. Harnvolumen in C. C.	Tägl. Schwefelsäure in Gr.
—	geringer	1252	2,5
—	stärker	1259	3,1
4000	geringer	5514	3,3

Die Veränderung der SO_3-Ausscheidung mit den Tageszeiten zeigt, dass erst einige Stunden nach dem Genuss von schwefelsauren Salzen sowohl, wie dem des Eiweisses der SO_3-Gehalt des Harns sich mehrt (Bence Jones); dasselbe geschieht in Folge

von Körperbewegungen. Nach Gruner ist Nachmittags (das Haupt-Essen zwischen 2 und 1 Uhr vorausgesetzt) die Abscheidung in der Zeiteinheit am stärkten, schwächer in der Nacht, am schwächsten Vormittags.

Phosphorsäure*). Mit Kali, Natron, Kalk und Magnesia stellt sie im Harn basische, neutrale und saure Salze dar.

Der Thierleib beherbergt einen grossen und ständigen Vorrath von PO_5 und dazu wird täglich mit der Nahrung neue eingeführt; so wird es möglich, dass das Maass der Ausscheidung und der Zufuhr sich während einer längeren Zeit nicht zu entsprechen brauchen, obwohl diess für gewöhnlich der Fall ist. — Die mit Kalk und Bittererde verbundene Phosphorsäure kann nur geschöpft werden aus den Leimbildnern und Eiweissstoffen entweder unserer Nahrung oder unseres Leibes, denn diese Erdsalze können erfahrungsgemäss aus dem Darmkanal nur dann in das Blut kommen, wenn sie mit den genannten organischen Körpern in Verbindung sind. Demnach hat es eine gewisse Wahrscheinlichkeit für sich, dass die täglich ausgeschiedenen phosphorsauren Erden den Leim- und Eiweissstoffen angehört haben, welche zur Zeit zerstört worden sind; somit würde ihre Entleerung durch die Niere ungefähr nach den bei der SO_3 des Harns aufgestellten Grundsätzen zu beurtheilen sein. Anders verhält es sich mit den phosphorsauren Alkalien; sie sind gelöst im Blute, namentlich in dessen Körperchen, im Muskelsaft u. s. w., wo sie überall für das Leben thätig sind, und ausserdem gehen sie leicht aus dem Darm in das Blut über. Auf sie würde also das beim NaCl Gesagte anwendbar sein; es besteht nur der Unterschied, dass die aus der Nahrung in Verbindung mit Alkalien eingeführte Phosphorsäure sich vollständig durch den Harn entleert. Auch ist die Steigerung, welche das phosphorsaure Natron des Harns in Folge eines vermehrten Genusses erfahren kann, enger als bei NaCl begrenzt, indem es stärker abführend wirkt; die Darmwand scheint nicht befähigt, den Tag über mehr als 4 bis 8 Gr. (des krystallwasserfreien) $2NaO\,HO\,PO_5$ zum Blute durchzulassen.

Im Einzelnen lässt sich über die tägliche Mengen sagen: 1) wenn entweder gar keine feste Nahrung oder eine Nahrung von gleicher qualitativer Zusammensetzung in ungleichen Mengen denselben oder auch verschiedenen Individuen gegeben wird, so ändert sich zwar

*) Liebig, dessen Annalen. 50. Bd. p. 180. — Bence Jones, Philosophical transactions. 1845 p. 335. — Winter, in Scherer's Jahresbericht für 1852. p. 122. — Mosler, ibid. für 1853. p. 134. — Breed, Liebig's Annalen. 78. Bd. p. 150. — Dunklenberg, ibid. 93. Bd. p. 88. — Kletzinsky, in Scherer's Jahresbericht über physiol. Chemie. 1852. 125.

die absolute Menge der PO_5, aber ihr Verhältniss zum Harnstoff bleibt annähernd dasselbe. Diese Regel findet jedoch nur dann ihre Bestätigung, wenn man die Mittelzahlen aus verschiedenen Beobachtungsreihen, von denen jede mehrere Tage umfasst, mit einander vergleichen kann. Demnach finden alle für Harnstoffausscheidung entwickelten Regeln auch hier ihre volle Anwendung, den Fall natürlich ausgeschlossen, in welchem der Harnstoff aus phosphorsäurefreiem Rohstoff gebildet wird.

Bei verschiedener Nahrung muss die Verhältnisszahl zwischen PO_5 und Harnstoff noch viel mehr sich ändern, als unter den gleichen Umständen bei SO_3, wegen der grossen Abweichungen der Eiweiss- und Leimstoffe an phosphorsauren Beimengungen. Beseitigt man in der Beobachtungsreihe von C. Schmidt*) die beiden ersten Tage, weil sie noch die Nachwirkung der Fütterung enthalten, und theilt die übrige Zeit bis zum Hungertode in 3 Theile und zieht aus jedem das Mittel, so verhält sich in den zwei ersten 5 Tagen der Harnstoff zur PO_5 = 17 : 1, und in den letzten 5 Tagen = 19 : 1. In 5 mit einander vergleichbaren Reihen von Genth schwanken die Verhältnisse zwischen 1 : 10,8 bis 13,5; bei den Mosler'schen Personen 10. 11. 12. zur Zeit des reichlichen Wassertrinkens zwischen 1 : 7,2 bis 7,7.

2) Das mit der Nahrung in das Blut aufgenommene phosphorsaure Natron wird in dem Maasse durch den Harn ausgeschieden, in dem es aufgenommen wurde; nur dann tritt in der vom NaCl und von der SO_3 her schon bekannten Weise ein Defizit oder ein Ueberschuss ein, wenn von einer bisher an PO_5 armen Nahrung zu einer daran reichen oder umgekehrt übergegangen wird, indem sich die Folgen einer Kost auch noch einige Tage hindurch geltend machen, wenn man sie auch schon verlassen hat, weil unter ihrem Einfluss der Vorrath des thierischen Körpers an Phosphorsäure sich änderte.

Tägl. PO_5 des Harns in Gr.	Feste Nahrung.	Wasser.	Körperbewg.	Tägl. Harnmenge in C.C.	Körpergew. in Kilo.	Beobachter.
3,7	dieselbe gemischte Kost	—	weniger	1252	74,5	Genth.
3,6		—	mehr	1259		
3,8		2000 C.C.	weniger	3175		
4,0		4000 „	weniger	5514		
5,1	reichlich	—	mehr	3000	67	Mosler.
4,5	mässig	—	weniger	1700		
In den nun folgenden Beobachtungen wurde der Nahrung $2NaO PO_5$ zugesetzt.						
3,0	dieselbe	0 Gr. PO_5 in dem tägl. $2NaO,PO_5$	dieselbe	2774	58	Sick.
4,1		1		2988		
5,3		2		3010		
6,1		3		3058		

Nach Kaupp und Sick soll Nacht und Tag die PO_5-Ausscheidung gleichmässig vor sich gehen; nach Mosler, Vogel, Winter wächst nach der Hauptmahlzeit das stündliche Mittel an,

*) Bidder und Schmidt, Verdauungssäfte. p. 310.

erreicht wenige Stunden nach demselben seinen Gipfel und fällt dann wieder durch Nacht und Morgen bis zum Mittagsessen. Die von Vogel aufgeführten Zahlen widersprechen eben so oft seiner Regel, als sie dieselbe bestätigen.

Nach Dunklenberg giebt die Methode von Liebig, nach welcher die mitgetheilten Bestimmungen geschehen sind, zu hohe Werthe.

Ueber das Verhältniss der phosphorsauren Erden zu den gleichnamigen Alkalien sagen die vorliegenden Untersuchungen aus, dass sich die letztern gradezu mehren, wie der Gehalt der Speisen an ihnen zunimmt (Sick), und zwar soll sich das phosphorsaure Kali des Harns mehren nach dem Genuss von phosphorsaurem Natron (Böcker). — Die phosphorsauren Erden des Harns nehmen zu, wenn sich das Leben auf Kosten der Eiweissstoffe erhält, also nach Fleischkost (Bence Jones, Lehmann) und nach Muskelanstrengungen (Mosler). Unter sonst gleicher Nahrung und Muskelbewegung nehmen die erdigen Phosphorverbindungen im Harn um ein Geringes ab, wenn die alkalischen daselbst zunehmen (Sick). — Das Verhältniss zwischen der Magnesia und dem Kalk ist sehr wechselnd.

Als Beispiele für das Vorstehende können dienen: Lehmann entleerte bei gewöhnlicher Kost täglich 1,1 Gr., bei Fleischkost 3,6 Gr. phosphorsaure Erde. Als der Harn von Sick 2,1 Gr. $HO, 2NaO, PO_5$ enthielt, kamen 0,69 phosphorsaure Erden darin vor; als das erstere 6,1 Gr. betrug, sanken die Erden auf 0,41. — Neubauer fand, dass im Mittel auf 1 Aeq. $3CaO\,PO_5$ etwa 3 Aeq. $2MgO\,PO_5$ entleert wurden. Im einzelnen Fall weicht jedoch das Verhältniss sehr bedeutend von dem erwähnten ab.

Kieselsäure in geringer Menge (Berzelius, Dunklenberg).

Oxalsäure*). Mit Kalk in Lösung zwar häufig, aber in geringer Menge; das Salz ist im sauren phosphorsauren Natron des Harns gelöst; dann mit Kalk in fester Form und zuweilen auch mit Alkalien verbunden.

Man leitet die Säure ab aus der Verwesung der Eiweisskörper und insbesondere aus der eines ihrer Abkömmlinge, der Harnsäure. — Bei dem beständigen und häufigen Vorkommen dieser letztern Säure in den Geweben müsste demnach die Oxalsäure sehr reichlich im Harn gefunden werden, wenn sich nicht noch besondere Bedingungen einzufinden hätten, vermöge welcher die bei der Oxydation der Harnsäure entstehende Oxalsäure in CO_2 umgewandelt wurde. — Man behauptet, dass die Erscheinung der Oxalsäure im Harn begünstigt

*) C. Schmidt, l. c. 388. — Lehmann, Phys. Chem. I. Bd. 47. — Neubauer, Analyse des Harns. 3. Auflage. 104. — Piotrowsky, Meissner's Jahresber. für 1856. 269.

werde durch den Genuss kohlensäurehaltiger Getränke (Donné, Wilson, Lehmann). — Man führt 2. die Oxalsäure des Harns zurück auf die oxalsauren Salze der Nahrung (Piotrowsky).

Wöhler, Frerichs, Neubauer, Gallois haben bei ihren schon erwähnten Fütterungen mit Harnsäure nur zuweilen eine Vermehrung der Oxalsäurebildung, für gewöhnlich aber keine solche gefunden; also muss auch die auf diesem Wege eingedrungene Säure in Harnstoff und CO_2 zerfallen.

Kohlensäure *). Der Harn enthält verdunstbare und gebundene CO_2; über beide siehe bei den Gasarten des Harns.

Die feuerbeständigen Basen**) des Harns (Kali, Natron, Kalk, Magnesia). Ohne genauere Untersuchungen, als sie bisher erfahren, lässt sich über ihre Aenderung im Harn wenig allgemein Gültiges sagen. — 1) Die SO_3, ClH, Oxalsäure kommen im Harn immer mit Basen und zwar zu neutralen Salzen verbunden vor; also mehren sich, vorausgesetzt, dass der Ammoniakgehalt des Harns ungeändert bleibt, mit jenen Säuren auch die Basen. — Für die PO_5 gilt aber auch dieses nicht einmal, da sie in neutralen und sauren Verbindungen auftritt. — 2) Die Säuren können mit allen fixen Basen verbunden sein, also sagen die bekannten Verhältnisse der erstern zueinander nichts aus über diejenigen der Basen. — Hiervon macht vielleicht die SO_3 eine Ausnahme, die man bisher noch nicht mit CaO vereinigt fand, aber wohl nur darum, weil im Verhältniss zur Menge der Basen immer nur wenig SO_3 in den Harn übergeht. — 3) Im Allgemeinen wird zwar jede der Basen in dem Maasse ausgeschieden, in welchem sie in das Blut geführt wird, und soweit wir wissen, gilt dieses ausnahmslos für die Erden. — Auch soll durch eine Vermehrung des löslichen Kalks in der Nahrung sich die Magnesia des Harns und durch eine Steigerung der Magnesia die des CaO nicht mehren (Wagner). Andres gilt in dieser Beziehung von den fixen Alkalien, denn es soll durch einen vermehrten Genuss von Natronsalzen das Kali (Böcker) und nach einem gleichen von Ammoniaksalzen das Natron und Kali vermehrt ausgeschieden werden, daraus könnte man folgern wollen, dass eine lebhaftere Bildung von Ammoniak im Thierleibe selbst aus diesen alle oder wenigstens den grössten Antheil seiner fixen Kalien austreiben könnte. Hiergegen spricht freilich der stetige Gehalt vieler Gewebe nicht allein an fixen Alkalien, sondern sogar an Kali oder Natron. Also muss jener Tausch nur in be-

*) Marchand, Journal für prakt. Chemie. 44. Bd. 250,

**) Wilde, Valentin's Jahresber. für 1856. p. 97. — Wagner, ibid. p. 98. — Dazu die bei den Säuren angezogenen Schriften.

schränkten Grenzen möglich sein. — 4) Man sollte erwarten, dass nach dem gesteigerten Eindringen von solchen Säuren in den Thierleib, deren Salze dort keine bleibende Stätte finden, die Alkalien, welche aus dem stetigen Vorrath des thierischen Körpers zur Bindung derselben benutzt wurden, auch vermehrt ausgeschieden würden. Dagegen erheben sich aber Versuchsreihen von Buchheim (bei Wilde), der nach Genuss von SO_3, PO_5, Oxal- und Weinsteinsäure, so wie nach dem von $MgO\,SO_3$, welche ebenfalls die SO_3 des Harns mehrte, keine Steigerung der Harnalkalien gewahr wurde.

Das Verhältniss der Säure zu den Basen*). Die Angaben über das Uebergewicht der Säure oder Alkalien im Harn geben natürlich keine Auskunft über das tägliche oder stündliche Mehren des einen oder des andern Atoms; denn es konnte ebenso gut im sauren wie im alkalischen Harn die tägliche Säuremenge vermehrt oder vermindert sein. Die Resultate der Untersuchung über die Reaktionen des Harns sind nichtsdestoweniger und besonders für den Arzt von Belang.

Die saure Reaktion des Harns rührt vorzugsweise von sauren Salzen, insbesondere von saurem phosphorsauren Natron her, sie kann aber auch von ungebundenen Säuren abhängen. Da die schwachen Säuren des Harns, namentlich die Hippur-, Harn-, Kohlensäure, aus dem neutralen phosphorsauren Natron ein Atom Basis abspalten und saures phosphorsaures Natron zurücklassen, so kommt es auf das Verhältniss jener Säuren zum phosphorsauren Natron an, ob die saure Reaktion von dem letztern Salz oder von den genannten oder auch vielleicht von andern Säuren, z. B. der Milchsäure abhänge. — Der saure Harn wird beobachtet nach dem Genuss von freien Säuren, namentlich der SO_3, PO_5, NO_5, ClH, Citronen-, Weinstein-, Bernstein-, Benzoësäure, dann nach der Einführung von Ammoniaksalzen, selbst nach $\bar{Am}O\,CO_2$, aber nur dann, wenn der Ammoniak sich im thierischen Körper in NO_5 umwandelt (B. Jones); ferner nach dem Genuss von Brod, Obst, Gemüse, Zucker, insofern sie die Bildung von Milch- und Hippursäure veranlassen, ferner nach einer Fleischkost. Aus diesen letzten Mittheilungen geht hervor, dass der Harn des gutgenährten Menschen meist sauer ist. — Die saure Reaktion kann ferner bedingt sein durch die sogen. saure Gährung des Harns, welche schon in der

*) Philosophical transactions. 1849. p. 237, und 1850. 669. — J. Vogel, in Neubauer's Analyse des Harns. 3. Aufl. 239. — Eylandt, Clare und C. Wagner, in Valentin's Jahresbericht über Physiolog. für 1855.

Blase ihren Anfang nimmt, und endlich soll sie ein Zeichen für die Güte der Muskelkraft und der Grösse der Muskelanstrengung des Menschen sein (J. Vogel). — Die tägliche Schwankung der freien Säure im Harn soll nach gemischter Kost so geschehen, dass sie kurz vor Tische ein Minimum erreicht, nach Tische ansteigt und in der Nacht den höchsten Werth erreicht (J. Vogel). Dem entgegen fand B. Jones bei einer immer regelmässigen Diät aus Fleisch und Kaffee oder aus Fleisch, Eiern, Kartoffeln und Kaffee, dass die freie Säure ihr Maximum vor dem Essen erreicht, während zur Zeit der lebhaftesten Magen-Verdauung der Harn alkalisch war.

Die alkalische Reaktion des Harns kann abhängen von alkalisch reagirenden Natron- oder Ammoniaksalzen. — Sie tritt ein nach dem Genuss von kaustischen und kohlensauren Alkalien. Um sie zu erzeugen, werden für verschiedene Menschen ungleiche Mengen jener Stoffe erfordert; zuweilen sind ihre Wirkungen sehr anhaltend, so dass sich die alkalische Reaktion einen Tag und mehr nach dem Wiederaufhören des Natrongebrauchs noch forterhält. Auch tritt die Wirkung schnell ein, so dass z. B. eine Stunde nach der Einnahme von $NaO\,CO_2$ der Harn alkalisch ist. Sie tritt ferner ein nach dem Genuss von essig-, äpfel-, weinstein-, citronensaurem und andern pflanzensauren Natronsalzen; ferner nach dem Gebrauch solcher Stoffe, die in thierische Körper in pflanzensaure und dann in kohlensaure Alkalien übergeführt werden können; aus diesem Grunde entleeren die gut gefütterten Pflanzenfresser einen alkalischen Harn. Doch erzeugt die Pflanzennahrung diesen Erfolg nicht nothwendig, namentlich kommt das Gegentheil zum Vorschein, wenn sie nicht die nothwendigen Alkalien mitbringt, oder wenn sich aus ihr Säuren erzeugen, welche nicht in CO_2 übergeführt werden können. — Die alkalische Reaktion kann ferner bedingt sein durch die alkalische Gährung des Harns in der Blase; sie soll endlich muskel- und nervenschwachen Individuen eigen sein.

Den Gehalt an freier Säure bestimmte B. Jones und Winter nach der Menge von Kali, welche zur Neutralisation des Harns nothwendig war.

Wasser*). Seine tägliche Menge ist sehr veränderlich. 1) Die Niere regelt vorzugsweise den Abfluss des Wassers aus den Thierleib, sie bestimmt so zu sagen den mittlern Prozentgehalt des Ge-

*) J. Vogel, Archiv für gemeinschaftliche Arbeiten. I. Bd. p. 96. — Scheffer, Valentin's Jahresbericht für 1853. p. 187. — Falk, Archiv für physiologische Heilkunde. XI. Bd. 125 u. 754. — Derselbe, ibid. XII. Bd. 150. — Kierulf, Henle's und Pfeufer's Zeitschrift. N. F. III. 279.

sammtthieres an Wasser. Demnach wird das Maass ihrer Wasserabscheidung in erster Linie bestimmt durch den Flüssigkeitsrest, welcher bleibt, wenn man von dem Wasser der Getränke und feuchten Speisen dasjenige abzieht, was durch Haut, Lunge und Darm weggeht. Dieser Rest — und somit das Harnvolum — kann natürlich umfangreich sein trotz einer grossen Thätigkeit der andern Wasserausscheider, er kann klein sein trotz einer Ruhe der letztern; er kann sich endlich im quantitativen Gegensatz zu dem durch Lunge und Haut austretenden Wasser befinden. Indem nicht alle möglichen, sondern nur die zuletzt erwähnten Fälle berücksichtigt wurden, kam man dazu einen sog. Antagonismus zwischen Lungen- und Hautthätigkeit einerseits und der Nierenarbeit anderseits hinzustellen. Dieser Ausdruck entspricht nicht den Thatsachen, wenn er bedeuten soll, dass Haut, Lunge und Niere nicht gleichzeitig thätig sein könnten; es ist dagegen nichts gegen ihn einzuwenden, wenn er nur sagen will, dass die genannten Werkzeuge ihr Wasser aus derselben Quelle beziehen, so dass sich ihre Ausgaben gegenseitig beschränken. — Obwohl sich nun das Maass von Wasser, welches durch die Niere wandert, im Allgemeinen anpasst dem Umfang, in dem Wasser genossen und an andern Orten ausgeschieden wird, so geschieht dieses doch nicht so, dass man sagen könnte, es sei wie in einem mit Zu- und Abflussrohr versehenem Wasserbehälter Eintritt oder die Anwesenheit von Wasser auch die Ursache des Austritts, mit einem Wort, beide Vorgänge entsprechen sich einander nicht mit Rücksicht auf die Zeit. Denn bald entleert sich in Stunden oder Tagen mehr und bald weniger als aufgenommen wurde; so dass der Wassergehalt des Gesammthieres um einen bestimmten Mittelwerth von einer zur andern Zeit auf- und abschwankt. Hierdurch werden aber offenbar selbst wieder Kräfte rege gemacht, welche den Einfluss des genossenen Wassers verstärken oder abschwächen, so dass z. B. ein reichlicher Trunk, den ein relativ wasserarmes Individuum thut, weniger auf den Harn wirkt, als wenn er in ein wasserreicheres einging. Kurz es kommt hier auf dieselben Regeln hinaus, die wir für die Ausscheidung von Na Cl u. s. w. schon kennen lernten. — 2) Wie die Menge der täglichen festen Harnbestandtheile mit dem Wassergenuss wuchs, so bestimmt umgekehrt die Menge der festen löslichen Stoffe die täglich aus der Niere gehen, das Gewicht des Harnwassers; dieses beweist sich dadurch, dass die Menge der gelösten Stoffe, die täglich abgesondert werden, sich richtet nach dem Maasse, in welchem sie der Niere geboten werden, und dass

dabei der prozentische Gehalt des Harns an festen Stoffen eine obere Grenze nicht übersteigt; so wurde namentlich beim Menschen, noch kein Harn, der über 9 pCt. feste Stoffe in Lösung hält, beobachtet; dieses Verhältniss würde also verlangen, dass für einen Gewichtstheil Festes mehr, mindestens täglich 9 flüssige mehr abgeschieden würden. — Damit scheint jedoch die obere Grenze des festen Prozentgehaltes noch nicht gegeben zu sein, da man schon aus dem filtrirten Hundeharn bis zu 15 pCt. Rückstand gewann. Zudem haben wir Ursache zu vermuthen, dass die Mengen von Wasser, welche zur Entleerung der Gewichtseinheit des Festen nothwendig ist, mit der chemischen Natur des letztern sich ändert, so dass namentlich dieselbe Menge Wasser mehr Harnstoff als Zucker, NaCl, 2NaOPO5 u. s. w. entleeren könnte. — Beispiele für die Abhängigkeit des Harnwassers von den harnfähigen festen Stoffen liegen darin vor, dass nach Entziehung aller Flüssigkeit doch noch Harn abgeschieden wird, dass nach Salzkost oder nach vermehrter Bildung des Leberzuckers eine Harnruhr eintritt. In diesen Fällen wecken die bei der Ausscheidung des Festen thätigen Vorgänge eine Kraft, die genügend ist, um den Geweben ihr Stammwasser zu entziehen, mit andern Worten, der Harn führt so viel und von solchen Orten Wasser mit sich, dass er einen lebhaften Durst hervorruft; wie auch umgekehrt das durch Trinken hervorgebrachte Vielharnen Hunger erzeugte.

Viele Diuretica sollen vorzugsweise dadurch wirken, dass sie den Harnrückstand und damit das Wasser mehren (Kramer). — Insofern die festen Bestandtheile des Harns ungelöst ausgeschieden werden (wenn z. B. in Krankheiten die Harnsäure an die Stelle des Harnstoffs tritt), geht nur wenig Wasser aus der Niere fort.

3) Um die schon erwähnte Erscheinung zu erklären, dass ohne einen in den äusseren Umständen nachweissbaren Grund sich von Tag zu Tag die Wasserausscheidung ändert, hat man schon seit lange eine Veränderlichkeit der in der Niere selbst liegenden Bedingungen vorausgesetzt. Dass auch in der That jene Bedingungen, sagen wir kurzweg die veränderliche Nierenthätigkeit, bestimmend auf die Wasserausscheidung eingreifen kann, dafür sprechen verschiedene Erscheinungen. Wird die Blutflüssigkeit verdünnt entweder dadurch, dass der nüchterne Magen mit Wasser angefüllt wird (Falk) oder noch besser durch mehrere in 10 bis 15 Minuten aufeinander folgende Einspritzungen von mässigen Wassermengen (Westphal), so wird nicht alsogleich, sondern erst nachdem ein Stunde und mehr seit der ersten Einspritzung

verflossen, die Harnausscheidung gesteigert; das nun folgende Anwachsen gestaltet sich aber nicht etwa so, dass die Harnabsonderung sich steigend bis zu einem Maximum und dann wieder allmählig sinkend bis auf den Werth vor der Einspritzung sich bewegte, bis die gesammte Menge des neuhinzugekommenen Wassers entleert ist; im Gegentheil es steigt die Absonderung regellos auf und ab. — Hat man sich gleichzeitig beide Ureteren blosgelegt und fängt den Harn jeder Niere gesondert auf, so sieht man bald rechts nnd bald links mehr Harn hervortreten; hier war aber das Blut, welches durch beide Drüsen strömt, gleich zusammengesetzt, und die Ungleicheit der Absonderung konnte auch nicht in einem feststehenden Unterschied der einen von der andern Seite begründet sein, weil dieselbe auf den beiden Nieren in der Zeit wechselte (Goll, Hermann). Versuche von Hermann lehrten auch die Nierenthätigkeit willkührlich anzuregen. Wenn man nach ihm den Ureter der einen Seite unterbindet, ihn längere Zeit, etwa 1 bis 2 Stunden geschlossen lässt und ihn dann öffnet, so beginnt nun durch längere Zeit hindurch eine profuse Absonderung eines sehr wasserhaltigen Harns, während die Niere der andern Seite den Harn in gewöhnlicher Weise ausströmen lässt. — Die innern in der Niere für die Harnabsonderung wirksamen Bedingungen sind uns nun allerdings wesentlich unbekannt; wir haben jedoch die Wahrscheinlichkeit in hohem Grade für uns, wenn wir zu ihnen zählen einerseits den von den Nerven abhängigen Zustand der Gefässmuskeln, wodurch der Querschnitt des in die Capillaren führenden Blutstroms, also auch der Druck desselben auf seine Wandungen und die Berührungsfläche desselben mit den Harnkanälchen geändert wird, und anderseits dürfen wir dazu rechnen den Widerstand, den der in die Harnkanälchen ergossene Harn beim Abfliessen findet. — Wäre der erste Theil unserer Voraussetzung richtig, so würde die Wasserausscheidung steigen mit der Erschlaffung der Gefässmuskeln. Aus dem zweiten Theil würde sich dann vielleicht die von Kaupp beobachtete Thatsache erläutern, dass die tägliche Wasserausscheidung sich mindert, wenn der in der Harnblase angehäufte Harn seltener entleert wird.

4) Bei Krampfkrankheiten soll zuweilen die Wasserausscheidung durch die Nieren vermehrt werden. — 5) Cl. Berard fand ihn vermehrt, wenn er das verlängerte Mark etwas unter der Stelle verletzte, von welcher aus die Zuckerbildung der Leber angeregt werden kann.

Bei gewöhnlicher Lebensweise ist die Wasserabsonderung des Harns am niedrigsten während der Nacht, sie steigt des Morgens an und erreicht nach dem Mittagsessen ein Maximum. — Die Grenzen, innerhalb der bei gesunden Erwachsenen das tägliche Harnwasser variirt, liegen zwischen 500 und 25,000 Gr. — Nach Becquerel und Vogel liegt bei jungen Männern das Tagesmittel zwischen 1200 und 1600 Gr.

Gase des Harns*). Die Bestimmungsstücke für den Gehalt des Harns an Gasen werden sein: die Absorptionscoëffizienten des Harns für jede einzelne der in ihm vorkommenden Gasarten, der Druck, unter welchem jede derselben in der Blutflüssigkeit steht, aus welcher der Harn abgesondert wurde, die Veränderungen, welche der Harn an seinen Gasen anbringt durch seine eigenen chemischen Umsetzungen und diejenigen, welche an ihnen vorkommen, vermöge der Diffusion zwischen den Gasen des Blutes und des in der Blase verweilenden Harns. — Alles dieses sind so wechselnde Grössen, dass sich namentlich in Betracht der wenig zahlreichen Untersuchungen über die hier in Frage kommenden Elemente nichts im Voraus wird aussagen lassen.

Die Thatsachen, die über den Gehalt des Harns an Gasen vorliegen, beschränken sich auf einige schätzenswerthe Angaben von Planer. Sie sind in der folgenden Tabelle zusammengestellt.

	Harngattung.	Spezif. Gew. des Harns.	Harnstoff-Prozente.	100 Theile Harn enthalten an Gasen von 0° C. und 0,76 Meter Druck			
				N.	O.	freie CO_2.	gebund. CO_2.
1.	Fünf Stunden nach dem Frühstück	1,0154	1,54	0,87	0,06	4,54	2,07
2.	Vierzehn Stund. nach der letzten Mahlzeit Wasser genommen	1,0113	1,37	0,80	0,02	4,41	1,88
3.	Zwei Stunden nach dem Mittagsmahl	1,0213	2,43	0,78	0,05	9,96	5,25
4.	Nachdem 4 Stunden vorher 13,1 Gr. KO 2 T̄ā u. 500 Gr. HO genommen	1,0132	1,44	1,09	0,08	12,5	2,76
5.	Nachdem 5 Stunden vorher 8,7 Gr. KO T̄ā und 500 Gr. HO genommen	1,0093	0,68	1,28	0,04	6,22	keine

Aus diesen Beobachtungen geht hervor:

Die verdunstbare CO_2 ist im Harn des Menschen weniger reichlicher vertreten als im Blut, vorausgesetzt, dass das letztere so

*) Planer, Zeitchrift der Gesellschaft der Aerzte zu Wien. 1859. 465. — Cl. Bernard, sur les liquides de l'organ. X. 347.

reich an dieser Gasart ist, wie Setschenow das der Hunde fand. Dieser Unterschied hat aber selbst bei der Gültigkeit der letzteren Unterstellung nichts Auffallendes. Denn der grösste Theil der verdunstbaren CO_2 des Bluts ist nicht im engern Wortsinn gelöst; sondern an alkalische Salze gebunden. In so fern also dem Harn diese alkalisch reagirenden Salze fehlen, kommt für ihn auch nur die vom Blute wahrhaft absorbirte CO_2 in Betracht. Diese scheint aber in der That, wie beim Athmen weiter erläutert werden soll, sich in den Grenzen zu bewegen, die auch der Harn-CO_2 gesteckt sind. Eine andere mögliche Erklärung für den Unterschied hat Planer widerlegt. Man konnte es nämlich für wahrscheinlich halten, dass der Harn als eine harnstoff- und salzreichere Flüssigkeit wie das Blut einen niederern Absorptionscoëffizienten für CO_2 besässe, als die letztere. Nach den Untersuchungen von Planer nimmt aber der Harn ungefähr ebensoviel CO_2 auf wie Wasser, resp. wie Blut.

Der Gehalt des Harns an verdunstbarer CO_2 ist grösser während der Verdauungszeit; dieses entspricht dem, was wir über das Verhalten des Bluts unter gleichen Umständen wissen. — Die verdunstbare CO_2 mehrt sich auch noch durch Genuss von doppeltweinsteinsaurem Kali, nicht aber nach dem von einfachweinsaurem.

Der Harn ist arm an fixer CO_2 gefunden worden; wenn der hier untersuchte Harn sauer reagirt, so hat die Thatsache nichts Auffallendes. Nach Genuss von einigen pflanzensauren und nach kohlensauren Alkalien soll er reich an fixer CO_2 sein (Wöhler, Lehmann.).

Der Gehalt des Harns an Sauerstoff ist sehr gering; dieses könnte auffallend sein, weil während der Harnabsonderung selbst das aus der Niere kommende Blut noch reich an O war (Cl. Bernard). Aber auch der Sauerstoff ist sowohl in den Blutkörperchen (L. Meyer) wie in der Blutflüssigkeit (Fernet) gebunden, so dass nur ein sehr kleiner Theil des Blutsauerstoffs bei der Diffusion in Frage kommt; es steht also die in der Niere abgesonderte Flüssigkeit unter einem sehr niedern Sauerstoffdruck.

Aehnliches gilt für das N-gas.

Cl. Bernard hat noch die Zusammensetzung eines Gasgemenges veröffentlicht, das aus dem Harn gewonnen war; es enthielt in 100 Theilen: CO_2 78,8; N 18,6; O 2,5.

Gesammtharn*). Nach den eingehenden Betrachtnngen, die jedem einzelnen Bestandtheile gewidmet wurden, ist über die chemische Zusammensetzung des Harns im Ganzen nur noch wenig zu ergänzen. Die tägliche Menge jedes einzelnen Bestandtheils, oder was ganz auf dasselbe hinausläuft, die prozentische Zusammensetzung des täglichen Gesammtharns kann von einem Tag zum andern sehr verschieden sein; Beides gilt in noch erhöhterem Maasse vom Stundenharn. Diese Voraussetzung bestätigt die Erfahrung in sehr ausgedehnter Weise. Daraus folgt, dass es keinen Normalharn, d. h. einen solchen giebt, welcher dem Gesunden überhaupt eigen sein müsse; da es eben eine Eigenschaft der Gesundheit war, dass sie den Harn den Lebensbedingungen anpasste.

Verlangt man also zu beliebigen Zwecken einen Musterharn, so muss man hinzufügen, wie die Umstände beschaffen waren, als derselbe gebildet wurde, und dann lässt sich aus den gegebenen Mittheilungen über die Abscheidungsgeschwindigkeit jedes einzelnen Harnbestandtheils unter diesen Bedingungen eine ungefähre Angabe über den Musterharn machen. — Unter diesen Geschichtspunkten kann man denn auch viel weiter ins Einzelne gehen und die Mittelzahlen für noch andere Kategorien angeben als für Morgen-, Mittag-, Nacht-, Sommer- und Winter-Harn, oder für den Harn armer und reicher, junger und alter, männlicher und weiblicher Individuen. Denn wenn die Zunahme des Körpergewichts (ob sie null oder merklich sein soll) und die Beschaffenheit der Getränke und festen Speisen, die Anordnung der Essensstunden, die Art und Menge der Haut- und Darmausscheidungen bekannt ist, so kann danach der zu den gegebenen Bedingungen gehörige Harn entwickelt werden. Für ärztliche Zwecke wären hier allerdings allgemeine Regeln und auch Mittelzahlen für besondere Fälle wünschenswerth, um so mehr, weil es vielleicht möglich wäre, Harnmengen, die nicht den ganzen Tag, sondern nur in bestimmten Tagesabschnitten gelassen sind, zur Diagnose zu benutzen.

Beispielsweise führen wir an: der Harn der Säuglinge ist immer sehr reich an Wasser, weil sie stets eine flüssige Nahrung geniessen; von den festen Theilen der Nahrung wird aber ein merklicher Theil zum Aufbau der Organe benutzt. Heidenhain,

*) J. Vogel, Archiv für gemeinsame Arbeiten. I. Bd. p. 79. — Becquerel, Der Urin, übersetzt von Neuber. — Millon, Compt. rend. XXVI. 120. — Trapp, Beiträge zur Kenntniss u. s. w. Giessen 1850. — Haeser und Vogel, Archiv f. gem. Arbeiten. I. Bd. p. 267. — Neubauer und Vogel, Analyse des Harns. 3. Aufl. 1858.

Hoppe, Hecker fanden in ihm 0,8 pCt. feste Bestandtheile überhaupt. — Nach dem Genuss von Fleisch wird sich Harnstoff, SO_3 und PO_5 zugleich mehren, war das Fleisch gesalzen, auch das NaCl; und insofern es frisch und wasserreich war, oder gar mit Getränk versetzt wurde, auch die Wassermenge. Aber diese Stoffe werden nicht gleichzeitig aus der Niere gehen; zuerst läuft überwiegend das Wasser und mit ihm freies NaCl ab, dann kommen SO_3 und Harnstoff an die Reihe und am spätesten die Phosphorsäure. Nimmt ein Bettlägeriger den Tag über öfter und jedesmal wenig Nahrung, so wird die Absonderung ziemlich gleichmässig von Stunde zu Stunde gehen müssen, oder ist sie die eine Stunde erniedrigt, so muss sie in der andern entsprechend erhöht werden u. s. w.

Die Färbung des Harns ist im normalen Zustand zwischen rothgelb und hellgelb der Vogel'schen Farbenskala. Die dunkleren Nuancen sind im Allgemeinen dem sparsam gelassenen Harn eigen; darum ist der Morgenharn (während der Nacht bereitet) dunkler als der Getränk- und Mittagsharn. — Kinderharn ist im Allgemeinen heller, als der der Erwachsenen.

Durchsichtigkeit. Schwachsaurer und schwachalkalischer Harn ist meist klar; eine starke Reaktion nach der einen oder der andern Seite ist meist von Niederschlägen begleitet. Diese bestehen im alkalischen Harn meist aus phosphorsaurer Kalkerde und Magnesia; im sauren aus harnsaurem Ammoniak oder Natron, zuweilen auch aus reiner Harnsäure.

Das spezifische Gewicht des mittleren täglichen Harns liegt bei 1020 (Vogel). Da es in inniger Beziehung zu den gelösten Stoffen steht, so muss es natürlich sehr variiren, und namentlich wird bei reichlicher Harnentleerung das spez. Gewicht niedriger als bei sparsamer Ausscheidung des Harns sein. — Man hat, um den Zusammenhang zwischen spez. Gewicht und dem Gehalt an festen Stoffen festzustellen, empirische Regeln aufgestellt (Becquerel, Millon, Trapp, Haeser). Wir erwähnen hier nur die Trapp'sche Regel, wobei wir die von ihm selbst gegebene Bemerkung wiederholen, dass sie nur eine Annäherung an die Wahrheit gebe. — Setzt man die Einheit des spezifischen Gewichts (die des Wasser) = 1000, so soll man von dem gefundenen spez. Gewicht des Harns diese Einheit abziehen; die hintere Zahl des Restes soll man durch ein Komma abschneiden von der vordern und dann den Rest verdoppeln. Die hier ausgefundene Zahl drückt den Prozentgehalt des Harns an festen Stoffen aus; wäre also z. B. das gefundene spezifische Gewicht eines Harns = 1020, so würde sein prozentischer Rückstand = 4,0 sein.

Seltenere Harnbestandtheile.

Eiweissartige Stoffe *). Die Abwesenheit von Blutungen vorausgesetzt, gehen öfter in den Harn über:

Faserstoff wird bald flüssig (gerinnbarer Harn) und bald schon geronnen entleert. Sein Vorkommen scheint meist durch Nierenleiden bedingt zu sein.

Albumin kommt im Harn vor sowohl weil der Strom und die Zusammensetzung des Bluts, als auch weil die Nieren verändert sind Es findet sich nach Injection von verdünntem Hühnereiweiss in das Blut. Cl. Bernard sah es ausbleiben, wenn er das Eiweiss statt in die v. jugularis, in die v. portarum, und zwar sehr allmälig einbrachte; nach Injection von Serum desselben oder eines andern Säugethieres (Cl. Bernard); häufig bleibt es jedoch nach dem Einbringen dieser Eiweissart aus (Cl. Bernard, Bouchardat, Sandras, Schiff). Ausbleiben soll es auch nach der Einspritzung von etwas wenigen künstlich verdünnten Eiweisses und von Fleischalbumin (Corvisart, Schiff). — Der Harn wird ferner eiweisshaltig nach Aderlässen (Hayden), noch mehr, wenn nach vorgängigem Aderlass das zurückbleibende Blut durch ein grosses Volum Wasser verdünnt wird (Kierulf); die eiweisstreibende Wirkung des blutverdünnenden Wassers bleibt aus, wenn ihm NaCl zugefügt wird (Hartner). — Der Harn enthält ferner Eiweiss: nach Injection von gallensaurem Natron in's Blut, und zwar häufig, aber nicht immer (Frerichs); nach Einathmung von Arsenikwasserstoff (J. Vogel); nach mehrtägigem Kochsalzhunger (Wundt), jedoch nicht immer (Kaupp); nach Athembeschwerden (Köhler); zuweilen nach Unterdrückung der Milchsekretion, nach Excessen im Essen. — Im Harn erscheint auch Eiweiss bei bestehender Herzhypertrophie, nach Unterbindung der Nierenvene oder Hohlader (H. Meyer); nach leidenschaftlichen Aufregungen mit lebhaftem Herzschlag; bei besondern Veränderungen des Nierenbaues, Losstossung des Epitheliums etc. — Ferner nach einer selbst vorübergehenden Störung des Blutlaufes in den Nieren (Brachet, Peipers, Müller), und endlich nach Verletzung des vierten Hirnventrikels, etwas über dem Ort des sogen. Zuckerstichs (Bernard). Das Pankreasferment geht in das Blut eingespritzt mit allen seinen Eigenschaften in den Harn über (Cl. Bernard).

Fette **). Menschen und Säugethiere, welche anhaltend mit fettreicher Nahrung gefüttert werden, entleeren fetthaltigen Harn (Lang).

Gallensäuren ***). Nach Injection von glycocholsaurem Natron erscheint Glycocholsäure; nach Unterbindung des Gallengangs und bei Gelbsucht Cholsäure (Kühne).

Eisensalze †) sind zuweilen nach vermehrtem Genuss derselben gefunden worden; häufig aber fehlten sie auch dann (Wöhler, Aldrige, H. Müller und Kölliker); nach Injection von Wasser in das Blut (Hartner).

Leucin, Tyrosin fanden Frerichs und Staedeler im Harn der Hunde und Menschen, z. B. bei gelber Lebererweichung, in welcher jene Stoffe reichlich in der Leber u. s. w. vorkommen.

---

*) Frerichs, Die Bright'sche Nierenkrankheit. Braunschweig 1851. 180 u. 276. — H. Meyer, Zeitschrift für physiologische Heilkunde. 1844. p. 114. — Hartner, Beiträge zur Phys. der Harnabsonderung. 1858. — Vogel u. Neubauer, Analyse des Harns. 3. Aufl. 1858. — Cl. Bernard, sur les liquides. I. 136. 386.

**) Lang, De adipe in urina et renibus. Dorpat 1852.

***) Kühne, Virchow's Archiv. XIV. Bd. 460.

†) Scherer, Jahresber. für physiolog. Chemie. 1844. p. 125. — Hartner, Beiträge zur Physiologie etc. Erlangen 1858. — Müller und Kölliker, zweiter Bericht der physiolog. Anstalt, 1856. Resorption von Eisensalzen.

Allantoin*). Wenn einem erwachsenen Hunde so viel Oel in die Lunge eingespritzt wurde, dass eine beträchtliche Athemnoth entstand, oder auch nach anhaltendem Einathmen von Chlor wurde Allantoin im Harn gefunden (Staedeler, Köhler).

Cystin **) zuweilen als Harnstein, öfter auch gelöst.

Veränderung des Harns durch einen ungewöhnlichen Speisezusatz.

Von den löslichen, mit Blut überführbaren Stoffen erscheinen einige im Harn nicht als solche wieder, wenn sie verschlungen wurden. Die Veränderungen, die sie erfuhren, geschahen entweder schon im Darmcanal, oder in dem Gesammtblut, oder nur im Blut einzelner Organe; wie und wieviel von den einzelnen Stoffen zersetzt wurde, hängt ab von der Verbindung und der Menge, in der sie aufgenommen wurden, von der Aufenthaltsdauer im thierischen Körper und von dem jeweiligen Zustand des letzteren. — Andere Stoffe erscheinen unverändert im Harn wieder. Es ist von Wichtigkeit diesen Untersuchungen nachzugehen, weil ihre Ergebnisse das chemische Leben der Organe und die absondernden Eigenschaften der Nierenhäute beleuchten.

A. Umgewandelt erscheinen:

Salicin ***) = $C_{26}H_{18}O_{14}$, es liefert spiroylige Säure = $C_{14}H_6O_4$ (Millon und Leveran). Diese Säure ist hervorgegangen aus einer Spaltung des Salicins, die schon der Speichel bewirkt (Staedeler); unter Aufnahme von 2 At. Wasser = $C_{26}H_{20}O_{16}$ zerfällt es in Zucker = $C_{12}H_{12}O_{12}$ und Saligenin = $C_{14}H_8O_4$, welches letztere nach Austritt von 2H in spiroylige Säure übergeht.

Gerbsäure †) = $C_{18}H_8O_{12}$ erscheint im Harn als Gallussäure = $C_{14}H_6O_{10}$ und Brenzgallussäure = $C_{12}H_6O_6$ (Wöhler und Frerichs). Diese Umwandlung ist dieselbe, welche Gerbsäure u. A. in schwach alkalischen Lösungen erleidet; sie geschieht, wie man sieht, unter Abscheidung nur von $C_4H_2O_2$, oder gleichzeitig von $2CO_2$.

Harnsäure ††) = $C_5H_2N_2O_3$ bewirkt das Erscheinen von CO_2, etwas Oxalsäure C_2O und Harnstoff $C_2H_4N_2O_2$ (Wöhler und Frerichs); um in diese Stoffe zerfallen zu können, muss, abgesehen von der Bildung anderer Zwischenproducte, die Harnsäure Wasser und O aufnehmen.

Guanin = $C_{10}H_5N_5O_2$, Allantoin = $C_4H_3N_2O_3$, Alloxanthin = $C_8H_5N_2O_{10}$ erscheinen nicht als solche; jedesmal mehren sie dagegen den Harnstoff; Allantoin mehrt aber nicht, wie man erwartete, die Oxalsäure.

Thiosinammin = $N_2C_8H_8S_2$ gab Rhodanammonium = $N_2C_2H_4S_2$; aus dem ersten sind also C_4H_4 ausgeschieden worden.

Eine Reihe †††) von Säuren: Benzoë-, Zimmet-, Toluyl-, Salicyl-, Nitrobenzoësäure, paaren sich mit dem Glycin der Galle; Benzoësäure geht in Glycobenzoësäure (Hippursäure) über; Zimmetsäure ($C_{18}H_8O_4$), welche unter Aufnahme von HO in Essig- und Benzoësäure zerfällt, bildet ebenfalls Hippursäure (Marchand, Chiozza, Bertagnini). — Salicylsäure = $C_{14}H_6O_6$ bildet Salicylursäure = $C_{18}H_9N\,O_8$ (Ber-

*) Staedeler und Frerichs, Müller's Archiv. 1854. — Hermann Köhler, de allantoino, dissertatio. 1857.

**) Neubauer, Harnanalyse. 3. Aufl. 108.

***) Mulder, l. c. 1279. — Staedeler, Chemisches Centralblatt. 1858. 109.

†) Liebig's Annalen. 65. Bd.

††) Siehe die Literatur bei Harnstoffmehrung p. 384.

†††) Ausser der Literatur bei Hippursäure p. 391 noch: Neubauer, Harnanalyse. p. 121. — Bertagnini, Compt. rend. XXXI. 490. — Derselbe, Liebig's Annalen. 1856. Februar.

tagnini). — Toluylsäure = $C_{16}H_8O_4$ bildet Tolursäure = $C_{20}H_{11}NO_5$ (Kraut). — Nitrobenzoësäure geht in Nitrohippursäure = $C_{18}H_8N_2O_{10}$ über (Bertagnini).

Essigsäure ($C_4H_4O_4$), Aepfelsäure ($C_4H_3O_5$), Weinsäure ($C_4H_3O_6$), Citronensäure ($C_6H_4O_7$), Oxalsäure (C_2HO_4), frei oder in Verbindungen gegeben, gehen je nach der genossenen Menge ganz oder theilweise in den Harn über; erscheinen sie gar nicht oder nur theilweise als solche, so enthält der Harn kohlensaure Verbindungen (Wöhler, Buchheim, Millon). Die Umwandlung der essig-, äpfel-, weinstein-, citronensauren Salze geht schon im Darmcanal vor sich durch Gährung (Buchner, Buchheim). — Bernsteinsäure ($C_4H_3O_4$) ist bald gar nicht, bald in CO_2, bald in Hippursäure verwandelt wiedergefunden worden (Buchheim, Kühne, Hallwachs, Wöhler).

Ammoniakverbindungen *) mit organischen Säuren kommen im Harn als NO_5 wieder (Bence Jones); Salmiak als solcher (Neubauer).

Schwefelkalien theils als Schwefelsäure, theils unverändert.

Ferrocyanid kommt im Harn als Ferrocyanür wieder, in Folge einer von der Harnsäure ausgeübten Desoxydation (Buchheim) **).

Nach dem Verschlingen von Amygdalin fand Ranke Ameisensäure, nach Einspritzungen in das Blut fanden Kölliker und Müller den unveränderten Stoff wieder.

Theïn, Theobromin, Anilin, Alcoholaether und mehrere Farbstoffe treten im Harn nicht unverändert auf. Ihre Schicksale sind zweifelhaft.

B. Unverändert erscheinen im Harn: Chinin, Morphin, Strychnin, Leucin (in's Blut injicirt), Campher-, Anis-, Amminsäure (Bertagnini, W. Hoffmann), Bernsteinsäure (?), Arsen, Gold, bor-, chlor- und salpetersaure Alkalien, Jod, Rhodankalien, Quecksilber, Wismuth, Blei, Zinn, Blutlaugensalz und viele Farbstoffe, z. B. der des Rhabarbers, des Lakmus, der Cochenille u. s. w.

Harnbereitung. Thatsächlich scheint Folgendes zu sein: 1) zur Herstellung des Harns entnimmt die Niere dem Blute mit der wässerigen Salzlösung zugleich auch den Harnstoff, das Kreatin und Kreatinin, die Harn- und Hippursäure, die Zuckerarten und die Farbstoffe; sie führt also die genannten Blutbestandtheile unverändert in den Harn über***).

Bewiesen soll dieses sein: 1) durch die Erfolge der Nierenausrottung; wäre in der That die Niere nicht an der Bildung, sondern nur an der Ausscheidung der genannten Stoffe betheiligt, so müsste sich nach der Nierenausrottung so viel von ihnen im thierischen Körper anhäufen, als das unverletzte Thier in der entsprechenden Zeit durch den Harn entleert hätte (Prevost und Dumas). Der Versuch hat ergeben, dass nach jener Operation mehr, aber auch weniger Harnstoff im Blut vorkommt, als man in dem Blut des gesunden Thieres findet, ja dass er auch ganz fehlen kann (Stannius, Bernard, Barreswil). Wegen der mit einem namhaften Verlust verknüpften Bestimmungsweise des Harnstoffs haben die Resultate allerdings keinen vollgiltigen Werth, aber immerhin haben alle Beobachter den Eindruck empfangen, als ob die Anhäufung keineswegs der hypothetischen Entleerung entspräche. Um trotzdem

*) Procedings of the royal society. Vol. VII. 94. — Liebig's Annalen. 78. Bd. 251. — Neubauer, l. c. p. 120.

**) Mayer, De ratione qua ferrum mutetur in corpore. Dorp. 1850.

***) Stannius, Archiv für physiologische Heilkunde. IX. Bd. 201. — Bernard und Barreswil, Archiv. génér. 1847. 449. — Strahl und Lieberkühn, Harnsäure im Blut. Berlin 1848.

die Unabhängigkeit der Harnstoffbildung von der Niere festzuhalten, muss man annehmen, die Neubildung sei entweder durch die zurückgehaltenen Harnbestandtheile selbst unter der Norm gehalten, oder der nicht ausgeschiedene Harnstoff sei weiter zersetzt worden. Bernard und Barreswil finden das Letztere darum wahrscheinlich, weil die nierenlosen Hunde mehr Magensaft als sonst abscheiden, der, obwohl er sauer ist, doch viel Ammoniaksalze enthält. — Dass eine Anhäufung von Harnstoff im Blut und in den Gewebsflüssigkeiten nach gänzlicher oder theilweise aufgehobener Harnabsonderung beim Menschen nichts für die Frage beweist, ist sogleich ersichtlich, weil ja die Niere noch anwesend ist. — Ausser dem Harnstoff ist nur noch die Harnsäure im Blut nierenfreier Thiere, und zwar mit einem der vorstehenden Hypothesen günstigen Erfolg gesucht worden (Strahl, Lieberkühn). — 2) Durch die Vergleichung des Nierenvenenblutes mit dem der Arterie. Nach Picard soll das erstere ärmer an Harnstoff sein als das letztere. Solche Vergleiche sagen aber darum nichts, weil die gegenübergestellten Blutmassen niemals denselben Gehalt an Plasma und Körperchen haben und der Harnstoff doch wohl nicht über beide gleich vertheilt ist. — Ausserdem warnt Recklinghausen vor der Methode von Picard, und Gubler und Poiseuille geben an, dass oft gerade das Gegentheil von dem, was Picard fand, statt hat. — 3) Einen andern Beweis für die blosse Ausscheidungsthätigkeit der Nieren erbringt man, indem man die Entstehungsorte der ausgeharnten Stoffe aufdeckt. Dieses gelingt für Kreatin (Muskeln, Hirn), Zucker (Magen, Leber), Harnsäure (Milz, Lunge, Leber), Hippursäure (Leber und Blut), die Farbstoffe (Leber, Blut). Aber immer bleiben noch Bedenken, ob die Entstehung an jenen Orten die Neubildung einiger der aufgezählten Stoffe in der Niere ausschliesst; so verdient es der Aufmerksamkeit, dass sich in einer Niere, deren Ureter unterbunden ist, viel mehr Kreatin anhäuft, als während der Unterbindungszeit entleert worden wäre; ferner, dass die Nieren Inosit enthalten. In den seltenen Fällen also, in welchen jene Zuckerart im Harn vorkommt, ist ihr Ursprung ungewiss. — Dem Harnstoff endlich kann man keinen Erzeugungsort mit Sicherheit zuweisen; wahrscheinlich ist es, dass Guanin $= C_{10}N_5H_5O$, Sarkin $= C_5N_2H_2O$, Xanthin $= C_5N_2H_2O_2$, Harnsäure $= C_5N_2H_2O_3$ zu seiner Bildung beitragen; ob diess aber die einzigen Uebergangsstufen von dem Eiweiss und Leim zu ihm sind, und ob sie an dem Orte, wo sie entstanden, auch zu Harnstoff umgeformt werden, ist nicht einmal der Vermuthung zugänglich. Jedenfalls steht es fest, dass die in die Niere gelangte Harnsäure sich noch weiter dort zerlegen kann, wenn sie in Folge der Ureterenunterbindung längere Zeit dort festgehalten wird (Beckmann). — 4) Weil so viele Stoffe, die mit den Nahrungsmitteln in den Thierleib gelangen, verändert oder unverändert durch die Niere austreten, so war man geneigt, die Nieren überhaupt nur als Ausscheidungsorgane anzusehen; diese Unterstellung ist aber nicht mehr in dem alten Umfang festzuhalten, seit man mancherlei der Niere eigenthümliche Umsetzungsprodukte kennen lernte.

2) Das Nierengewebe oder die an einzelnen Orten desselben eingeschlossenen Flüssigkeiten erfahren eigenthümliche chemische Umsetzungen. Dafür spricht die Anwesenheit des Taurins oder Cystins und des Inosits (Cloëtta), Stoffe, welche trotz ihrer Gegenwart im Nierengewebe nur selten in den Harn übergehen; ferner die Farbenänderung, welche das Blut in der Niere erfährt;

ferner die Umsetzung, welche der Harn erleidet, der durch Unterbindung des Ureters in der Niere zurückgehalten wird. Wo die Flüssigkeiten gelegen sind, welche die erwähnten nicht in den Harn übergehenden Stoffe enthalten, ob in der Masse zwischen den Gefässmaschen der glomeruli oder in den Zellen der Canälchen, ist ebenso unbekannt, wie es die Vorgänge sind, welche die chem. Umsetzung einleiten und die Stammatome, welche davon ergriffen werden.

Der chemische Vorgang in der Niere kann übrigens ebensowohl dazu dienen, die Bestandtheile des Harns zu mehren, wie die Abscheidung des Harns aus dem Blut zu unterstützen.

Zerlegt sich unter Zutritt des dem Blut entzogenen Sauerstoffs das Taurin noch weiter, so würden endlich die beiden Harnbestandtheile SO_3 und $\overline{Am}O$ zum Vorschein kommen. Aus Inosit könnte man Milchsäure ableiten und sich so erklären, warum der saure Harn aus dem alkalischen Blut kommt, aber in dem Harn ist diese Säure eine Seltenheit.

3) Mit dem Unterschied der Spannung, welche Blut und Harn in der Niere besitzen, ändert sich die Absonderung; innerhalb gewisser Grenzen ändert sich mit dem Druckunterschied nur die Menge des abgeschiedenen Harns, jenseits dieser aber auch die Art der Stoffe, welche in ihn übergehen. a) Bei ungehindertem Abfluss mindert sich die Geschwindigkeit, mit welcher ein gesunder Harn ausgeschieden wird, während der Reizung der n. vagi und nach einem Aderlass; sie steigt dagegen nach Durchschneidung der n. vagi; ebenso, wenn die Blutmasse eines Thiers dadurch gemehrt wird, dass man in den Blutgefässraum desselben das aus der Ader gelassene Blut eines gleichartigen Thieres einfüllt; endlich auch dadurch, dass man in der Nierenarterie den Druck erhöht vermittelst des Verschliessens einiger grösserer Abzugsröhren aus der Aorta, so z. B. nach Unterbindung der aa. carotides, subclaviae crurales. — Eine Blutdrucksteigerung jenseits gewisser Grenzen bedingt aber auch den Uebergang von Eiweiss in den Harn; auf diese Weise erklärt man sich wenigstens das Auftreten des genannten Stoffes nach Unterbindung der Aorta unterhalb der Nierenarterien. b) Bei unverändertem Blutdruck wird die Geschwindigkeit des Harnabflusses aus der Niere wesentlich beschränkt durch Hindernisse, welche in den Ureter eingebracht werden. Loebell gab an, dass, wenn der Druck der im Ureter angesammelten

*) Goll, Henle's und Pfeufer's Zeitschrift. 2. Reihe. III. Bd.

**) Valentin's Jahresbericht für 1849. 157.

Flüssigkeit während der Muskelruhe dieses Rohrs auf 7 bis 10 Mm Hg. gestiegen sei, so höre das Nachfliessen von Harn schon auf. In der That kann man sich leicht davon überzeugen, dass ein Hg-Manometer, das in den Harnleiter mündet, in den ersten Minuten rasch auf den genannten Werth oder auch um einige M.-M. höher steigt und dann viel Minuten hindurch immer wieder auf dieselbe Höhe herunterfällt, nachdem es während der sich häufiger folgenden Ureterenbewegungen bedeutend emporgedrückt war. Loebell schloss daraus, dass ein Gegendruck von dem genannten Werth die Harnabsonderung zum Stocken bringen könne. — Als Hermann mit besonderen Vorsichtsmaasregeln ein Manometer in den Ureter brachte, der zwei Stunden lang geschlossen gewesen war, so trieb sein Inhalt das Quecksilber um 40 M.-M. empor. Hieraus würde man folgern dürfen, dass der Harn auch noch trotz eines viel höhern Gegendrucks, als Loebell meinte, abgesondert werde, wenn in der That der Inhalt der ausgedehnten Nierenkanälchen ein Harn im gewöhnlichen Wortsinn gewesen wäre. Dieses schien aber nicht der Fall zu sein, denn die Flüssigkeit enthielt keinen Harnstoff, sondern relativ viel Kreatin. Demnach hatte also die Harnbildung jedenfalls aufgehört bei einem Gegendruck, der unter 40 M.-M. lag. Die hohe Lage, welche der Niere im thierischen Körper über der Harnblase gegeben ist, wodurch der Harnabfluss so sehr begünstigt wird, ist jedenfalls vortheilhaft für das ungestörte Bestehen der Absonderung.

4) Veränderungen in der Harnabsonderung wurden beobachtet nach Verletzung des vierten Ventrikels (vermehrte Wasser-, Zucker-, Eiweissabscheidung), nach Reizung und Durchschneidung der n. splanchnici und renales, nach Einsetzung der Enden einer thätigen Inductionsrolle in die Nierengegend, nach allgemeinen Krämpfen. Aus allem Diesen muss man schliessen, dass die Nerven die Absonderung beeinflussen. Theilweise geschieht dieses, wie z. B. bei der Zuckerausscheidung, auf bekannten Umwegen, zum Theil vielleicht dadurch, dass die Strömung des Bluts in der Niere geändert wird. Die letztere Vermuthung gründet sich darauf, dass sich mit dem Blutdrucke die Harnabsonderung ändert, dass sich der Blutstrom in der Niere unabhängig von dem Gesammtkreislauf stellen kann, weil die kleinsten Arterien der Niere stark muskelhaltig sind. Mit diesem allgemeinen Nachweise schliesst sich aber auch unsere Kenntniss; denn bis dahin sind alle Versuche über die vorliegende Frage noch sehr mangelhaft.

Bei neuen Reizungsversuchen über die Abhängigkeit der Harnabsonderung von den Nerven ist zu beachten, dass für sie Zeit und Umstände zu wählen sind, in denen die aus unbekannten Gründen eintretenden Schwankungen der Harnabsonderung nicht gar zu gross sind; dann müssen als unbrauchbar alle die Versuche bei Seite gelegt werden, die einen blutigen oder eiweisshaltigen Harn liefern; die Fehler, welche aus der ungleichen Füllung und Bewegungsfolge der Ureteren hervorgehen, sind zu meiden und die Reizmittel selbst sind mit den allgemein bekannten Vorsichten anzuwenden. — Auch die hoffnungsvollen Versuche der Nervendurchschneidung am splanchnicus und plex. renalis sind bis dahin wegen der Abkühlung der Nieren, der Zerrungen und Zusammenpressungen der Gefässe, des darauf eintretenden Bluthamens u. s. w. noch unbrauchbar. — Von dem Einfluss der Nervenreizung auf Verminderung der Harnabsonderung kann man sich leicht überzeugen, wenn man durch eine feine Oeffnung in den Bauchdecken inducirbare Drähte bis in die Nähe der Nierengefässe schiebt und den Harn in getheilte Röhren fliessen lässt, welche in den Ureter gebunden waren. Mit dem Beginn der Schläge stockt oder verlangsamt sich der Harnstrom.

5) Die Zusammensetzung des Blutes greift unzweifelhaft bestimmend in die Art und in das Maass des Harns ein; aber das Genauere des Abhängigkeitsverhältnisses ist fast vollkommen dunkel; dieses gilt namentlich auch für die Geschwindigkeit, mit welcher sich die Blutänderung im Harn zeigt; denn wenn auch einige Stoffe fast augenblicklich, nachdem sie in das Blut gekommen sind, im Harn wieder erscheinen, so rufen andere erst längere Zeit, nachdem sie dem Blute beigemengt waren, in der Niere den ihn zukommenden Erfolg hervor. Dieses letztere gilt z. B. für das in das Blut eingespritzte Wasser, welches häufig nicht allsogleich, sondern erst nach einer Stunde die Harnausscheidung vermehrt; hier scheint es also fast, als ob erst vorgängig Blut oder Niere vorbereitet werden müssten, damit die Harnbildung lebhafter werden könne.

Eine andere Betrachtung knüpft sich an das Verhalten der Eiweissstoffe zum Harn. Offenbar kann die Niere nicht dem Eiweiss überhaupt den Eingang in den Harn wehren; sondern sie vermag es nur so lange, als das Blut seine normale Zusammensetzung behauptet. Denn der Harn wird sogleich eiweisshaltig, wenn das Blut plötzlich mit viel Wasser verdünnt wird, wenn Eiweiss- oder solche Stoffe, wie z. B. gallensaures Natron, eingespritzt werden, welche die Blutkörperchen auflösen. Fast sollte man denken, dass hier die Kochsalzverdünnung von Einfluss sei; denn das eingespritzte Wasser treibt kein Eiweiss mehr aus, wenn ihm NaCl beigemengt wird (Hartner) und nach NaCl-hunger sah Wundt seinen Harn mit Eiweiss beladen. Muss nun die Niere oder das Eiweiss geändert werden, damit das Letztere ein Harnbestandtheil werden könne?

6) Beziehung zwischen der Zusammensetzung des Harns und der Geschwindigkeit seines Abströmens aus der Niere. Fängt man den Harn jeder Niere gesondert auf, so gewahrt man für gewöhnlich, dass bald aus dem einen und bald aus dem andern Ureter der Abfluss beschleunigter wird. Obwohl diessmal der Harn aus demselben Blut hervortrat, so weicht doch die beiderseitige Zusammensetzung noch beträchtlich von einander ab und zwar um so mehr, je grösser der Unterschied des gleichzeitig entleerten Harnvolums ist. So weit bekannt, bezieht sich die chemische Verschiedenheit der beiden Harnsorten vorzüglich auf die Verhältnisse zwischen den einzelnen Harnbestandtheilen. Namentlich ist in dem langsam austretenden Harn der Quotient aus Wasser in dem Harnstoff grösser als bei rascher hervorgehendem, umgekehrt verhält es sich vielleicht mit dem Verhältniss zwischen Wasser und NaCl; sicher ist dagegen der Quotient aus NaCl in den Harnstoff in dem rascher gelassenen Harn kleiner als in dem andern. — Man könnte die Annahme machen, dass der Harn ursprünglich, wie er soeben aus dem Blut in die Canälchen trat, sich in beide Nieren gleich verhalten habe, und dass die verschiedene Aufenthaltsdauer in den Canälchen ihn geändert habe; dann müsste also aus dem ursprünglichen Harn mehr Wasser und NaCl als Harnstoff verschwunden sein. Folgt man dieser Voraussetzung, so muss an der eingetretenen Veränderung die Diffusion einen Antheil haben; aber sie kann dieselbe, vorliegenden Thatsachen entsprechend, nicht allein bedingen. — Anderseits liesse sich aber auch behaupten, dass auch schon im Augenblick der ersten Bildung der beiderseitige Harn ungleich gewesen sei, weil die Möglichkeit nicht bestritten werden kann, dass jeder Werth der absondernden Kräfte an und für sich ein anderes Verhältniss zwischen den Harnbestandtheilen fordere.

Die Diffusion wurde, abgesehen davon, dass sie die einfachste Erklärung der beregten Erscheinung giebt, in Betracht gezogen, weil sie erklärt, warum der Gehalt des Harns an festen Bestandtheilen gewisse Grenzen nicht übersteigt und in dem Lösungsgemenge ein Stoff den andern zu ersetzen vermag und weshalb der Harn fast trocken wird, wenn die festen Bestandtheile des Harns unlöslich sind, wie es z. B. geschieht, wenn der auszuwerfende N statt durch Harnstoff, durch Harnsäure ausgeschieden wird. Die Zurücknahme des Wassers, welches die Harnsäure durch die Haut der Gefässe überführte, wurde natürlich zur Nothwendigkeit, so wie diese in der Niere aus dem gelösten in den ungelösten Zustand übergegangen war.

Andere Erfahrungen scheinen jedoch zu zeigen, dass die Diffusion nicht mehr zur Erklärung ausreicht. Denn der Harn, welcher sich nach einstündiger Unterbindung des Ureters in diesem letztern anhäuft, enthält in 100 Theilen weniger NaCl

als das Blut und als der Harn, welcher vor und nach der Unterbindung auf derselben Niere und gleichzeitig auf der entgegengesetzten abgesondert wurde; ja öfter ist in dem zurückgehaltenen Harn das NaCl nur noch spurweise enthalten. — Dieses verstösst aber gegen die Grundgesetze aller Diffusion. — J. Hoppe hat noch auf einen zweiten Umstand hingewiesen; nähme man an, meint er, dass der Harn auf dem Wege der Diffusion von Blutserum conzentrirt werde, so müsse, wenn man einen gesättigten Harn durch eine Scheidewand vom Blutserum desselben Thieres trennte, kein Wasser aus dem Serum zum Harn übergehen; dieses geschah jedoch, als er den Versuch ausführte. Bevor diese Thatsache mit den Erscheinungen in der Niere verglichen werden darf, müsste man wissen, ob die Haut, welche Hoppe anwendete, gleiche endosmotische Eigenschaften wie jene der Nierencanälchen besass; würde die todte Haut für Eiweiss und Harnstoff durchgängiger gewesen sein, so müsste auch eine andere Vertheilung der Stoffe auf beiden Seiten eintreten. Der Grund, warum in seiner Beobachtung das Harnvolum zunahm, könnte also erst nach einer genaueren Zergliederung des Vorgangs begriffen werden.

7) Die nach Maass und Art ungleiche Absonderung, welche in derselben Zeit die gleichschweren Nieren desselben Thiers darbieten, könnte man wohl erklären aus Ungleichheiten des Blutstroms, die veranlasst wären durch den jeweiligen Zustand der Muskeln in den kleinsten Arterien, oder auch durch die veränderliche Leichtigkeit des Harnabflusses; aber man kann sie zum Theil wenigstens auch andern in der Niere vorkommenden mit der Zeit veränderlichen Umständen zuschreiben. Das Vorkommen dieser letztern wird wahrscheinlich gemacht dadurch, dass bei sonst gesunden Hunden oft Stunden, ja Tage lang gar kein Harn abgesondert wird, dass Opium die Harnabsonderung öfter wenigstens verlangsamt, Curare (Kölliker), Terpenthin, Canthariden u. s. w. sie beschleunigen. Zur Gewissheit wird diese Vermuthung durch die Beobachtung von Hermann, dass nach Lösung einer Unterbindung des Ureters, die wenigstens eine Stunde lang bestanden, der Harn so ungemein reichlich zum Vorschein kommt. Untersucht man eine solche Niere bevor das Unterband geöffnet wurde, so findet man sie sehr angeschwollen, so dass sie an Maass und Gewicht die entgegengesetzte bedeutend übertrifft; die Canälchen sind mit Flüssigkeit gefüllt, die Epithelien ausgedehnt, die Venen beengt, was daraus hervorgeht, dass die auf der Kapsel verlaufenden, durch die Niere zur ven. ren. tretenden Zweige beträchtlich ausgedehnt sind, und in der Umgebung der Niere Oedem veranlasst haben.

Hartner fand die Epithelien solcher Nieren, die in Folge von Wassereinspritzungen in das Blut reichlich abgesondert hatten, ebenfalls beträchtlich ausgedehnt; ob dieses Folge oder Ursache der gesteigerten Harnbildung war, ist unbekannt.

Da sich die Thatsachen noch nicht zusammenreihen zur Erklärung der Harnabsonderung, so hat man sich bemüht, das Fehlende durch Hypothesen zu ergänzen, in der Absicht, um durch sie zu neuen Versuchen geführt zu werden. Die Anforderungen, die man an ein solches Unternehmen mit Recht stellen darf, bestehen darin, Rechenschaft zu geben, wodurch die dem Harn eigenthümlichen Bestandtheile aus denen des Bluts ausgelesen werden, weiter, wodurch sie in die Canälchen übergeführt werden, ob sie dort sich wieder verändern und wodurch dieses geschieht, denn es erscheint von vorneherein und insbesondere im Hinblick auf den eigenthümlichen Bau der Nieren unmöglich, dass ein so verwickeltes und so veränderliches Lösungsgemenge wie der Harn ohne Zuthun vielfacher Bedingungen bereitet würde.

1) Da nach vorübergehender Unterbindung der Nierengefässe und Nierennerven der Harn blutig und oft sogar die Niere zerstört wurde (Brachet, Müller, Peipers) *), so war man geneigt, die Harnbildung den Nerven zuzuschreiben. So sehr es zu wünschen wäre, dass der Grund, warum nach jener Operation die Niere zerstört wird, einer neuen Untersuchung unterworfen würde, so wenig berechtigt die genannte Thatsache zu der Annahme, dass die Nerven in der unverletzten Niere die Auswahl des Harns aus dem Blut und seine Ueberführung in die Canälchen besorgen. Es ist im Gegentheil wahrscheinlicher, dass durch die Quetschung, welche Vene und Arterie erleiden, der Blutstrom in der Niere, wenn auch nicht plötzlich, so doch allmälig verändert werde und dann Nierenbrand eintrete, der durch die besondern chemischen Einrichtungen der Niere eine besondere Gestalt annimmt. Die letztere Unterstellung ist darum die wahrscheinlichere, weil die Zerstörung der Nieren noch nicht beobachtet ist, wenn die Nerven ohne Quetschung der Blutgefässe durchschnitten wurden.

Andere Beziehungen, die man zwischen der Nervenerregung und der Harnbildung beobachtete, lassen darauf schliessen, dass die erstere den Blutstrom regelt; wenn sich der Einfluss der Nerven darauf beschränkt, so würde man sagen können, er sei befähigt, den Gang der Absonderungsmechanik einzuleiten und zu verstärken, aber nicht in den innern Zusammenhang der letztern einzugreifen. — Dafür, dass der Nerv in die chemischen Hergänge eingerechnet sei, welche zur Harnbildung gehören, liegt kein Beweis vor. — Donders deutet, indem er die Möglichkeit des letztern vor Augen hat, auf die Analogie zwischen Magen und Niere hin, die beide eine saure Flüssigkeit abscheiden.

2) Die Epithelialzellen der Harncanälchen ziehen die festen Bestandtheile des Harns aus dem Blut an, und diese werden ausgewaschen durch das Wasser, welches aus den Glomerulis abgeschieden wird (Bowman). In dieser Form befriedigt die Hypothese nicht und die Thatsachen sprechen nicht für und nicht wider sie. Nachdem Busch in den Zellen der Harnorgane bei Schnecken und Wittich in dem der Vögel Harnsäure aufgefunden, gab der letzte Physiolog der genannten Hypothese folgende

*) Müller's Handbuch der Physiologie. 4. Aufl. Bd. 1. p. 376 u. f. — C. Ludwig, Wagner's Handwörterbuch. II. 628. — Schultz, Valentin's Jahresber. für 1851. p. 134.

Gestalt: die Zellen der Vogelniere ziehen aus dem Blut neutrales harnsaures Kali an; dieses wird in den Zellen durch die anwesenden Eiweisskörper oder die vorhandene Kohlensäure in saures harns. Kali zerlegt, welches in fester Form niederfällt. Das freigewordene, mit dem Eiweiss oder der CO_2 in Verbindung gekommene Kali zerstört die Zelle, so dass die feste harnsaure Verbindung in die Höhle des Canälchens gelangt und durch den Strom von Flüssigkeit ausgespült wird, welcher sich in den Glomerulis absondert. Diese Flüssigkeit ist aber ursprünglich dem Blutserum gleich zusammengesetzt; sie kann durch die Diffusion verändert werden, aber immer wird sie eiweisshaltig bleiben. — Da der Harn der Säugethiere kein Eiweiss enthält, wenigstens nicht in merklichen Mengen, so kann die letzte Unterstellung überhaupt nicht für sie gelten. — Nehmen wir sie aber in der Grenze, in der sie aufgestellt wurde, nämlich für die Vögel an, so lässt sich Folgendes für und wider sagen: Der Beweis dafür, dass die Zellen die harnsauren Salze anziehen, soll darin liegen, dass sie dort gefunden werden; offenbar ist mit diesem Vorkommen noch nicht bewiesen, dass sie aus dem Blut zunächst in die Zellen dringen und von da erst dann in die Röhrenlichtung gelangen, wenn sich die Zellen damit überfüllt haben. Eben so gut können die harnsauren Salze in verdünnter Lösung aus den Glomerulis in die Canälchen kommen; sie können dort die Zellen durchtränken, sich in ihrem Verlauf durch die Röhrchen sowohl in der Lichtung der letzteren, wie in den Zellenhöhlen verdichten und niederfallen. Da die in den Zellen enthaltenen Niederschläge durch diese letzteren selbst festgehalten werden, so kann es sich auch ereignen, dass die in der Lichtung enthaltenen harnsauren Verbindungen ausgeschwemmt werden, während die ersteren liegen bleiben. Diese Erklärung gewinnt im Gegensatz zu der von Wittich gegebenen an Gewicht durch die Beobachtung, dass die zugebundenen Vogelnieren, statt sich mit Harnsäure zu füllen, sie im Gegentheil verlieren (Beckmann). Jedenfalls tritt diese Thatsache sehr entschieden gegen die Harnsäureanziehung der Zellen auf. — Um den Uebergang der Harnsäure in die Röhrenhöhlung zu erläutern, nimmt Wittich an, dass die Zellen zerstört würden. In dieser Annahme liegt insofern etwas Logisches, als sich entweder das Anziehende oder das Angezogene verändert haben muss, wenn die aus dem Blut stammende, in der Harnröhrenlichtung enthaltene Flüssigkeit die Stoffe wieder aus den Zellen an sich nehmen soll, die ihr so eben, als sie noch im Blut war, durch die Zellen entzogen wurde; dieses gilt um so mehr, als nach Wittich jene Flüssigkeit Blutserum sein soll. Denn dächte man sich in den Zellen anziehende Wirkungen und die von ihnen angezogenen Stoffe unverändert, so könnten die letzteren nicht wieder aus den Zellen entfernt werden durch die Flüssigkeit, es sei denn, man wolle annehmen, dass die anziehenden Kräfte der Flüssigkeit bald grösser und bald kleiner als die der Zellen seien, je-nachdem sie in den Blutgefässen oder in den Harncanälchen gelegen sei. — Nimmt man nun an, dass die Zelle zerstört wird, so müsste sich dieses bei der grossen Menge von Harnsäure im Vogelharn sehr oft ereignen, und demnach müssten sich auch sehr viele Zellen neu bilden; finden sich nun in der Niere Formstufen, die auf einen solchen Vorgang hinweisen? — Die Flüssigkeit, welche die festen Bestandtheile des Vogelharns entfernt, soll nach Wittich darum aus den Glomerulis ausgeschieden werden, einmal weil die Gefässschlingen unter Berücksichtigung des Druckes doch etwas aussondern müssen, das Abgesonderte könne aber keine Harnsäure sein, weil die Gefässe nicht mit Zellen überkleidet seien und weil die Zellen in der Nähe der Müller'schen Capsel keine harnsauren Niederschläge enthalten; ferner auch darum nicht, weil hier der Druck als Absonderungsursache wirken müsse, der, da ihm keine chemische Kraft innenwohne,

unverändertes Serum zum Vorschein bringen werde. — Begreiflich lässt sich aber auch die Abwesenheit der Niederschläge in den Zellen nahe an den Glomerulis dadurch begreifen, dass hier die Harnsäure führende Flüssigkeit noch nicht die Dichtigkeit oder überhaupt noch nicht die Veränderungen erlitten hatte, die zum Festwerden jener Verbindungen nöthig sind. Aus allem Diesen geht hervor, dass die thatsächliche Nöthigung, sich der Bowman-Wittich'schen Annahme anzuschliessen, noch sehr gering ist.

Die Gründe, aus welchen man so allgemein die Anziehungshypothese festhält, müssen also tiefer liegen; vorzugsweise scheint darauf zu wirken die Erfahrung, dass an so vielen Orten, namentlich in der Leber, in den Speichel-, Schleim-, Samendrüsen u.s.w., der frühere Zelleninhalt einen wesentlichen Theil des späteren Drüsensaftes ausmacht. Man setzte also auch Gleiches in der Niere voraus, indem man stillschweigend unterstellte, es sei der allgemeine Charakter der Zellen, eine lebhafte chemische Thätigkeit zu entwickeln; eine kurze Umschau über die verschiedenen Zellenarten lässt aber bald erkennen, dass statt dieser nicht allgemein gültigen, eine andere allgemeine Leistung hingestellt werden muss, die nämlich, dass die Zelle einen eigenthümlichen chemischen Vorgang abgrenzen kann, wo ihr ein solcher gegeben ist. — Indem man nun die Nieren mit den andern Drüsen verglich, konnte man nicht übersehen, dass die Nieren nicht vorzugsweise bilden, sondern nur ausscheiden, also wurde hier der Zelle statt eines Erzeugungs- ein Anziehungsvermögen zugetheilt. Hierdurch entstehen aber neue Schwierigkeiten, denn was soll das für ein Stoff in der Zelle sein, der Säuren, Basen, Salz und indifferente Körper aus allen Naturreichen gleich gut anzieht. Und wenn es einen solchen gäbe, wie würden die von ihm angezogenen Körper wieder frei? Für das Letztere lägen zwei Möglichkeiten vor, entweder die angezogenen Stoffe änderten sich und büssten dann ihre Verwandtschaften ein, oder der anziehende Stoff ginge zu Grunde. Beides müsste eine Folge zurücklassen, die im Harn sichtbar wäre. Zählt man hinzu, dass nach Unterbindung der Niere bei Säugethieren (Hermann) und Vögeln (Beckmann) die Niere frei von Harnbestandtheilen wird, so ist man schwerlich geneigt, die Zellen als Sammler der letzteren anzusehen.

Wenn man die Zelle als eine Einrichtung ansieht, die in ihrem geschlossenen Binnenraum einen chemischen Vorgang isoliren kann, so wird man leicht zu der Behauptung kommen, dass wo ein Binnenraum sei, auch ein eigenthümlicher chemischer Vorgang stattfinde, weil das Erstere ohne das Letztere unnütz sei. Jeder Kenner der organischen Natur wird diesen Grund, obwohl er kein strenger ist, gelten lassen; damit würde aber auch die Zelle einen Antheil an der Harnbildung gewinnen, der ihr prinzipiell auch nie abgesprochen wurde, der aber factisch unbekannt ist. Man sagt also etwas Selbstverständliches aus, wenn man hervorhebt, dass die Haut des Harncanälchens ohne die Zelllage andere endosmotische Eigenschaften haben würde, als sie mit derselben hat, und dass, wenn chemische Neubildungen in dem Zelleninhalt stattfinden, diese den durch die Röhre wandernden Harn ändern würden.

3) Eine andere Hypothese zieht in Betracht die eigenthümliche Art des Blutstroms durch die Nieren und die Erscheinung, dass die Wandung zahlreicher Capillarsysteme des thierischen Körpers für eiweissartige Stoffe und Fette endosmotisch undurchdringlich ist. Von diesem Boden ausgehend, stellt sie nun die Vermuthung auf, es möchte der Blutdruck, welcher auf der innern Fläche der Gefässe des Glomerulus ruht, das gesammte Blutserum, weniger Eiweissstoffe, Fette und die mit denselben verbundenen Salze durch die Blutgefässwandungen in das Lumen der Harncanälchen eintreiben. Die hier angelangte Flüssigkeit würde allmälig durch die Harncanälchen

treten und auf diesem Wege in endosmotische Beziehung kommen zu dem conzentrirten Blut, welches in den Capillaren läuft, die jenseits der Glomeruli die Harncanälchen umspinnen (C. Ludwig). Im Einklang mit dieser Hypothese ist zuerst die Beobachtung, dass die Geschwindigkeit der Harnabsonderung in einer unbezweifelbaren Beziehung zum Spannungsunterschied zwischen dem Inhalt der Harn- und Blutgefässe steht; — sie wird unterstützt durch die Thatsachen, welche das Eingreifen der Diffusion in die Harnbildung darthun; weiter dadurch, dass wenn von zwei Nieren, die gleichzeitig, und somit aus demselben Blut Harn erzeugen, die eine mehr Wasser absondert als die andere, sie auch mehr Harnstoff aus dem Blut nimmt; die Hypothese erklärt endlich ohne Schwierigkeit, warum das Blut so vielerlei und so verschiedene Stoffe durch die Nieren entlässt und nur wenige zurückhält.

Um zu erklären, warum die in den Harn übergehenden Bestandtheile in ihm in einem ganz andern Verhältniss vorkommen als im Blut, giebt es verschiedene Wege. Setzt man voraus, dass die in den Glomerulis ausgeschiedene Flüssigkeit Plasma, weniger Eiweiss und die damit verbundenen Salze sei, so muss, da auch die Häute der Harncanälchen in ihrem weitern Verlaufe für Eiweiss undurchgängig sind, zunächst das Bestreben entstehen, das Wasser aus dem daran sehr reichen Harn in das Blut zu führen, und zwar so lange, bis die Kraft, mit welcher das Wasser diesseits und jenseits der Haut festgehalten wird, gleich wäre, vorausgesetzt, dass der Harn lange genug in den Canälchen verweilte. Indem dieses geschieht, werden aber auch sehr bald die Harnstoffe und Salzprozente des Harns höher sein, als die des Blutes, und es wird also die endosmotische Ausgleichung auch durch den Uebergang jener Stoffe bewerkstelligt. Die Menge jedes einzelnen dieser Stoffe, die in den Canälchen zurückbleibt, würde dann abhängig sein von dem Unterschiede ihrer Dichtigkeit im Harn und Blut und von der Diffusionsgeschwindigkeit, die ihr zukommt in Anbetracht des besondern Uebergangswiderstandes, den die trennende Haut entgegensetzt. Da nun bekanntlich durch die bis dahin untersuchten Häute das $NaCl$ viel rascher geht als $KO\,KO_3$ und $2\,NaO\,HO\,PO_5$, so würde es damit in Uebereinstimmung sein, dass trotz des grössern Dichtigkeitsunterschiedes der beiden letzten Salze, sie sich doch im Verhältniss zum $NaCl$ viel reichlicher im Harn als im Blut finden können. Anders beim Harnstoff; nach Hoffmann diffundirt durch den Herzbeutel eine 50 (?) prozentige Harnstofflösung noch einmal so geschwind als eine 26,5 proz. Kochsalzlösung; also dürften beide Stoffe bei gleicher Dichtigkeit etwa gleiches Diffusionsvermögen besitzen, und somit würde man bei dem geringern Harnstoff- als $NaCl$-Gehalt des Blutes voraussetzen müssen, dass der Harnstoff im Harn sich nie wesentlich anhäufen dürfe. Somit bleibt unter Aufrechterhaltung der andern Bedingungen entweder nur übrig, eine besondere Struktur in der Canälchenwandung anzunehmen, die die Diffusionsgeschwindigkeit herabsetzt, oder zu unterstellen, dass das $NaCl$ unter Umständen durch eine der chemischen analoge Kraft in das Blut zurückgenommen werde.

Aus den oben hingestellten Annahmen lässt sich auch ersehen, warum das in das Blut eingespritzte Wasser nicht sogleich die Abscheidung desselben durch den Harn mehrt; das Wasser wurde nämlich, insofern sich nicht auch gleichzeitig der Gehalt des Inhalts der Canälchen an festen Bestandtheilen gemehrt hatte, wieder in das Blut zurückgenommen. Es würde die Mehrausscheidung von Harn also erst dann beginnen können, wenn sich durch eine von dem Wasser eingeleitete Diffusion zwischen Geweben und Blut die Salze des letzteren vermehrt hätten.

Eine Frage von besonderer Art, die durch die vorstehenden Hypothesen gar nicht gelöst wird, ist die, warum wird das Eiweiss nicht in die Harncanälchen über-

geführt? Denn wenn auch nach Valentin und Schmidt bei der Filtration von Eiweisslösungen die durchgegangene Flüssigkeit weniger Albumin enthält, als die aufgegossene, so enthält sie doch Albumin, und ebenso enthält bei einer möglichst bald nach dem Tode angestellten Filtration von Blut durch die Niere in die Harncanälchen übergehende Flüssigkeit Eiweiss (Loebell). Zur Aufhellung dieser dunkeln Seite unseres Vorgangs dienen vielleicht die neuerlichst entdeckten chemischen Vorgänge im Innern der Niere, durch welche möglicher Weise das Eiweiss ausgeschlossen werden könnte. Heynsius glaubt in der That den Umstand, der dieses ausführt, schon gefunden zu haben, und zwar in der Säure, welche das Nierengewebe immer und namentlich auch das solcher Thiere enthält, deren Harn schon im Calyx alkalisch reagirt. Die Scheidekraft der Säuren hält er aber darum für feststehend, weil diffundirendes und filtrirendes Blut durch eine Amnios-Haut mehr Eiweiss entlässt in destillirtes Wasser, als in Harn oder in ein durch Essigsäure angesäuertes Wasser. Es wäre zu wünschen, dass diese wichtige Beobachtung zu Gunsten der Harnabsonderung noch dadurch erweitert würde, dass sie wo möglich mit der Säure, welche der Niere eigenthümlich, angestellt würde, wobei zugleich zu bestimmen wäre, ob diese Säure in einer so grossen Verdünnung, wie sie in der Niere vorkommt, noch wirksam wäre. — Die Wahrscheinlichkeit aber, dass der chemische Vorgang in der Niere sich an der Ausschliessung des Eiweisses betheiligt, wird noch dadurch erhöht, dass einige im Wasser lösliche Bestandtheile des Nierenextraktes nicht in den Harn übergehen; sollten sie vielleicht ähnlich wie in der Leber auch hier in das Blut eintreten? Die Epithelialzelle ist hier wie überall zu Hülfe genommen, um die Abwesenheit des Eiweisses zu erklären. Dieser Satz wird dadurch gestützt, dass im Eiweissharn zuweilen Epithelialzellen der Harncanälchen gefunden werden; er bedarf keiner Widerlegung.

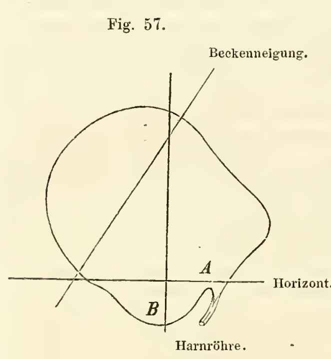
Die Ausstossung des Harns aus der Niere geschieht unzweifelhaft durch den aus den Blutgefässen nachdringenden Harn; ist er einmal aus der Papille, oder besser gesagt, aus der leicht zusammendrückbaren Verlängerung der Harnkanälchen über die Nierenoberfläche getreten, so kann er in die Niere nicht wieder zurückkehren; denn die Papille wirkt genau wie ein Röhrenventil (E. H. Weber).

Ernährung der Niere. In der fertigen Niere geht ein selbsständiger Stoffwechsel vor sich, wie die beim chemischen Bau erörterten Thatsachen beweisen. — Nach reichlicher Fettnahrung füllen sich namentlich bei der Katze die Zellen der Harnkanälchen mit Fett (Lang). Krankhafter Weise schuppt sich häufig das Epithelium ab und es mehrt sich der formlose Bindestoff zwischen Harn- und Blutgefässen. — Nach Unterbindung der Nierenarterie schwinden unter vorgängiger Erweichung (Brand) die Nieren häufig so rasch, dass 36 Stunden nach vollendeter Operation keine Spur mehr von denselben aufzufinden ist (Schultz). Die Erweichung beginnt in der Cortikalsubstanz und ergreift zuerst die Gefässhaut der Glomeruli. — In der fertigen Niere bilden sich zerstörte Harn- und Blutkanäle nicht wieder.

B. Ureteren und Blase *).

1) Das untere Ende des Ureters durchbohrt die Blasenwand schief, so dass er auf einer kurzen Strecke zwischen Schleim- und Muskelhaut hingeht. Die nothwendige Folge dieser so oft im Organismus wiederkehrenden Verbindungsart von Canal und Behälter besteht darin, dass bei einem jeden Druck, der von der innern Blasenfläche her wirkt, der Ureter geschlossen wird; mit einem Worte, es ist dadurch ein Ventil gegeben, welches den Strom des Harns nur vom Ureter zur Blase möglich macht. — An dem Uebergang der Blase in die Harnröhre *A* (Fig. 57) faltet sich die vordere Blasenwand *B* zu einer Grube ein. Daraus würde folgen, dass bei gefüllter Blase die Harnröhre ohne Zuthun eines Muskels geschlossen werden kann (Kohlrausch).

Fig. 57.



2) Die Muskeln des Ureters sind bekanntlich quer- und längslaufende; ihre Nerven treten aus dem Lendengrenzstrang; der Ursprung derselben soll nach Valentin und Kilian bis in die Sehhügel hinauf verfolgt werden können. Die Bewegungen, welche sie einleiten, sind immer peristaltische, nie antiperistaltische, d. h. es laufen dieselben immer in der Richtung von der Niere zur Blase. Wenn man, während eine Bewegung im Fortschreiten begriffen ist, ein beliebiges Stück Muskelsubstanz an der Zusammenziehung, z. B. durch einen Druck auf dieselbe, hemmt, so steht die Bewegung an der gedrückten Stelle still; durchschneidet man den Ureter des Hundes, so geht die Bewegung nur bis zum Schnitt (Vulpian). Im normalen Verlaufe des Lebens kommen die Nerven nur zeitweise in Erregung; die Pausen zwischen den Zeiten der Erregung verkürzen sich, wenn aus der Niere viel Harn entleert wird; aber selbst wenn gar kein Harn entleert wird, kommen doch dann und wann fortlaufende Zusammenziehungen zu Stande. — Die Zusammenziehungen erfolgen nicht nothwendiger Weise gleich zeitig in den beiderseitigen Ureteren, so dass die Nerven eines jeden von besonderen Orten aus erregt werden müssen. — Ein aus-

*) Kohlrausch, Anatomie und Physiologie der Beckenorgane. 1854.

geschnittener Ureter bewegt sich nicht mehr, weder peri- noch antiperistaltisch (Donders)*).

Am todten Thier ist die Ureterenbewegung sichtbar, wenn künstliche Athmung eingeleitet wird (Vulpian); auch ohne diese ist sie am Meerschwein zu beobachten.

Die Muskeln der Blase, der Detrusor und Sphincter, stehen nach Kohlrausch in der Beziehung zu einander, dass sich die Enden des ersteren in die Züge des letzteren einflechten; es verhält sich also der die Blase verengende Detrusor zugleich als ein die Blasenmündung umgebender Radialmuskel, der bei seiner Zusammenziehung die Harnröhrenöffnung erweitert. Die Nerven der Blasenmuskeln treten aus dem Grenzstrang der Lenden (und des Kreuzbeins?); ihre Ursprünge sind nach Budge**) mit Leichtigkeit bis in das Lendenmark nachzuweisen, nach Kilian und Valentin sollen sie durch das Rückenmark hindurch bis in das Hirn hinein zu verfolgen sein. — Die Erregungen des m. detrusor treten unwillkührlich und wahrscheinlich auf reflectorischem Wege ein, namentlich immer nach Anfüllung der Blase, öfter auch nach verbreiteten Hauterregungen, z. B. nach allgemeinen Bädern. Durch Berührung der Blasenschleimhaut in der Nähe der Ureterenmündungen kann nach Ch. Bell***) am leichtesten die Zusammenziehung des Detrusor ausgelöst werden; man vermuthet darum, dass der Druck, welcher bei gleichzeitiger Anfüllung der Blase und der Ureteren auf jene Schleimhautnerven ausgeübt werde, die gewöhnliche Veranlassung zur reflectorischen Erregung abgebe. Wenn die Nerven des Detrusor einmal erregt sind, so veranlassen sie einige Zeit hindurch Harndrang; dieser verschwindet jedoch allmählig wieder, selbst wenn die Blase nicht entleert wurde. Die harnaustreibende Wirkung des m. detrusor kann durch die Zusammenziehung der Bauchmuskeln unterstützt werden. Der Sphincter des Blase ist willkührlich beweglich. Reflectorisch erregbar ist er von der Schleimhaut in der Blasenmündung und in dem Beginn der Harnröhre (Cl. Bell). — Die Ursache, warum der Harn nicht stetig abträufelt, sondern in der Blase zurückgehalten wird, soll liegen in der schon erwähnten ventilartigen Hervorragung der Blasenmündung (Kohlrausch), in der Elastizität des Sphincters und der Prostata (Wittich)†) und endlich nach einer verbreiteten Ansicht in der

*) Onderzoekingen etc. Jaar 5. p. 52.
**) Virchow's Archiv. XV. Bd.
***) Romberg, Lehrbuch der Nervenkrankheiten. I. Bd. 406.
†) Medizin. Jahrbuch. Bd. II. 12.

tonischen Zusammenziehung des letztern Muskels. Da die todte Blase den in ihr angehäuften Harn zurückhält, so ist unzweifelhaft auch ohne Muskelhilfe der Blasenschluss möglich. Der Druck, der die Oeffnung der todten Blase erzwingen soll, muss nach Wittich*) und Rosenthal bis zu 900 M.-M. Wasser ansteigen, nach Heidenhain**) und Colberg bei weiblichen Hunden auf 130 M.-M., bei männlichen auf 380 M.-M. Die letzteren Beobachter beweisen auch, dass die lebende Blase einen viel höhern Druck als die todte ertragen kann, bevor sie sich entleert. — Wie hoch der Druck ist, unter dem im unversehrten Thier der Harn für gewöhnlich steht, ist unbekannt. Also bleibt es ungewiss, ob eine tonische Erregung des Sphincters zum Schliessen der Blase nothwendig; noch weniger ist entschieden, ob eine solche besteht.

Die Schleimhaut der Ureteren und der Blase ist mit einem geschichteten, aus cylindrischen und platten Zellen zusammengefügten Epithelium bekleidet. In der Umgebung der Blasenmündung sind in die Schleimhaut einfach traubige Drüsen eingebettet, welche einen schleimhaltigen Saft absondern.

Veränderung des Harns in der Blase. a) Harngährung. Während des Aufenthaltes in und nach seiner Entfernung aus der Blase verändert der Harn durch Selbstzersetzung seine Reaktion entweder zu einer stark alkalischen oder zu einer stark sauren.

Die alkalische Reaktion ist abhängig von einer Umwandlung des Harnstoffs, welcher unter Aufnahme von Wasser in kohlensaures Ammoniak übergeht. In Folge dieser Ammoniakbildung wird der Harn durch einen Niederschlag von phosphorsaurem Kalk getrübt. Sie ereignet sich in der Blase selten und scheint vorzugsweise bei Rückenmarkslähmungen, bei denen sich auch eine reichliche Blasenschleimabsonderung einstellt, beobachtet zu werden. In diesen Fällen geht die Umsetzung des Harnstoffs so rasch vor sich, dass sie selbst eintritt, wenn der Harn nur kurze Zeit in der Blase verweilte, nachdem diese vorher mit lauem Wasser wiederholt ausgespült worden war (Smith)***). — Im gelassenen Harn kommt zu einer gewissen Zeitperiode diese Umsetzung immer vor.

Die saure Gährung †) wird eingeleitet durch den Harnblasenschleim und durch Luftzutritt, wie daraus hervorgeht, dass sie in

*) Rosenthal, de tono musculorum imprimis sphincterum. Königsberg 1857.

**) Müller's Archiv. 1858. 437.

***) Romberg, l. c. p. 735.

†) Scherer, Liebig's Annalen. 42. Bd. 171. — Liebig, ibid. 50. Bd. 161. — Virchow's Archiv für pathol. Anatomie. VI. Bd. 259. — Lehmann, Physiolog. Chemie. II. Bd. 401.

dem gelassenen Harn unterbrochen werden kann, wenn er vor dem Luftzutritt bewahrt und der Schleim von ihm abfiltrirt wird. In den späteren Stadien derselben entstehen aber auch Gährungs-Pilze (Scherer, Virchow, Lehmann). Ihre hervorragendsten Produkte sind Essig-, Benzoë-, Oxal- und Milchsäure. An der Bildung der ersten betheiligt sich wahrscheinlich der Farbstoff (Scherer, Liebig), während die Benzoësäure aus der Zerfällung der Hippursäure, die Milchsäure wahrscheinlich aus dem Zucker hervorgeht. Ist die saure Gährung ausgeprägt vorhanden, so trübt sich der Harn durch Ausscheidung von Harnsäure oder saurem harnsauren Natron. Scherer macht darauf aufmerksam, dass dieser Prozess Veranlassung zu Harnsäureconcretionen geben kann. — Im diabetischen Harn entsteht durch Gährung Buttersäure (Fonberg, Scherer) und Essigsäure neben CO_2 und $\overline{Am}$ (Neubauer*).

b) Veränderung durch Diffusion**). Bei den Nummern, welche von Harnstoff, NaCl, Wasser u. s. w. handeln, wurde schon bemerkt, dass nach Kaupp der tägliche Harn eines auf gleiche Weise lebenden Menschen, wenn er zwölf Mal des Tags entleert wurde, mehr von den genannten Stoffen enthält, als wenn er nur zweimal täglich aus der Blase gelassen wurde.

Um die Unterschiede, die hier eintreten, ersichtlicher zu machen, setzen wir folgende Zahlenreihe hin, welche durch die grosse, von wissenschaftlicher Begeisterung geleitete Untersuchung Kaupp's gewonnen ist. Die Zahlen bedeuten das mittlere Uebergewicht, welches die verzeichneten Werthe in dem in 12 Stunden 12 Mal entleerten Harn über den nur 2 Mal entleerten gewonnen hatten.

Wasser	87,3 C.C.	PO_5	0,17 Gr.
Harnstoff	0,93 Gr.	SO_3	0,06 „
NaCl	0,79 „	Feste Best.	2,12 „

Dieser Verlust, welchen der Harn bei längerem Aufenthalt in der Blase erleidet, kann abhängen von einer Diffusion, welche zwischen dem Blut- und dem Blaseninhalt eintritt, aber er kann auch bedingt sein dadurch, dass die gefüllte Blase den Abfluss des Harns aus dem Ureter hindert. Um diese Alternative zu entscheiden, würden die Versuche fortzuführen sein, welche Kaupp an Hunden begonnen, denen er Harn von bekannter Zusammen-

*) Liebig's Annalen. Februar 1856.
**) Archiv für phys. Heilkunde. 1856.

setzung in die leere Blase einspritzte, während die Ureteren unterbunden waren.

Männliche Geschlechtswerkzeuge.

A. Hoden.

1. Anatomischer Bau. Das Charakteristische der Samenkanälchen besteht darin, dass ein jedes sich ununterbrochen schlängelt und oft anastomosirt, bevor es in das vas deferens ausläuft, und dass jedes einzelne der zahlreich vorhandenen von verhältnissmässig weitem Lumen ist, während der Gang, in dem alle Röhrchen ausmünden, ein verhältnissmässig sehr schwaches Kaliber besitzt; es verengert sich also das Gesammtlumen der Samenröhren vom Anfang zum Ende des Hodens. Diese Verengung scheint aber keineswegs eine stetig fortschreitende, sondern eher eine auf- und absteigende zu sein; so hat es offenbar den Anschein, als ob das in den ductus efferentes so ungemein verschmälerte Bett der (vereinigt gedachten) Samenröhrchen in den coni vasculosi sich wieder erweiterte und gegen das vas deferens wieder verengere. — Die Wand der Samenkanälchen ist aus elastischen muskelfreien Bindegeweben gebildet, dessen innere Fläche mit kugeligen Deckzellen belegt ist; ebenso sind die Wände der ductuli efferentes gebaut, mit der Ausnahme jedoch, dass das Epithel aus einer Lage konischer Zellen besteht, welche zu allen Zeiten, also auch im unreifen Hoden, Wimperfäden tragen. Die Haut der Samenkegel und die des Nebenhodenkanals enthält ausser dem elastischen Bindegewebe auch noch Muskelzellen und ihr Epithel ist aus einer mehrfachen Lage von cylindrischen und dünnwandigen Zellen gebaut, die sich zur Zeit der Geschlechtsreife mit sehr langen Wimpern versehen (O. Becker)*). — Die Wand der Nebenhoden besteht, von aussen nach innen gezählt, aus einer elastischen Bindegewebshaut, aus drei Lagen von Muskelzellen, nämlich einer mittleren Kreis- und einer äusseren und einer inneren Längenschicht, ferner aus einer Schleimhaut mit zahlreichen Grübchen und endlich aus einer Lage von Plattenepithelium. — Die Capillargefässe des Hodens, welche aus der langen und engen art. spermat. entspringen, sind nicht zahlreich; sie sammeln sich in ein vielfach anastomosirendes Netz von weiten Venen. — Aus den Hoden gehen sehr

*) Moleschott, Untersuchungen. II. Bd. 71. — Kölliker, Handbuch der Gewebelehre. III. Auflage. 514.

voluminöse Lymphgefässe hervor. — Die Nerven des Hodens und insbesondere des vas deferens, welche aus dem Lenden- und Sacraltheil des Grenzstrangs hervortreten, sollen ebenfalls bis in das Hirn zu verfolgen sein. — Auf der innern Fläche der tunica vaginalis communis, wo sie den Hoden und Nebenhoden umschliesst, also zwischen ihm und der tunica propria findet sich eine Lage von Muskelzellen (Kölliker); von diesen aus sollen sich Muskeläste erstrecken gegen die tunica albuginea und in die Scheidewand zwischen die Läppchen des Hodens (Rouget).

Ueber die chemischen Eigenthümlichkeiten des Hodens liegen nur Notizen vor. Staedeler gewann aus den Hoden des Hundes Krystalle, die dem Kreatin ähnlich sahen; Berthelot giebt an, dass das Hodengewebe rascher als Caseïn, Fibrin und Leim das Glycerin und den Mannit in Zucker umwandelt.

2. Samen*). Eine mechanische Scheidung zerlegt den von dem Hoden abgesonderten Saft in einen flüssigen und in einen aufgeschwemmten Theil. Dieser letztere enthält bestimmt geformte Gebilde, und zwar entweder Samenfäden und Samenzellen zugleich oder auch nur Samenzellen. Das zuletzt erwähnte Vorkommen (Anwesenheit von Samenzellen bei Mangel an Samenfäden) findet sich ganz allgemein vor den Pubertätsjahren (in dem sogen. unreifen Samen) und häufig, aber keineswegs immer, in sehr hohem Alter und zuweilen in chronischen Krankheiten (Duplay).

Aus den Canälen des reifen Hodens ist meist das Epithelium verschwunden und statt dessen findet sich der Hohlraum der Röhrchen ausgefüllt mit Samenzellen, die von 1 bis zu 10 und 20 Kerne bergen; geht man in den Canälchen weiter gegendie ductus efferentes, so kommen neben den genannten auch Samenzellen vor, welche statt der rundlichen, verlängerte Kerne enthalten und noch weiter sieht man den Kern birnförmig, an dem spitzen Ende mit einem kleinen Ausläufer versehen, der endlich zum Schwanz des Samenfadens auswächst, während der Kern vollkommen die Form des Samenfadenkörpers annimmt, worauf sich die Samenfäden in der Höhle der Zellen zu regelmässigen Bündeln zusammenlegen. Gelangen die so veränderten Zellen in die ductus efferentes, so platzt die Haut derselben und es werden die Samenfäden frei, so

*) Kölliker, Handbuch der Gewebelehre. 3. Aufl. 520. — Duplay, Archives générales. Déc. 1852. — Valentin, Lehrbuch der Physiologie. 2. Aufl. II. Bd. 1. Abthlg. p. 41. — Leukart (und Frerichs), Todd, Cyklopaedia. IV. Bd. p. 540. — Moleschott nnd Richetti, Wiener medizinische Wochenschrift. 1855. 274. — Ankermann, Zeitschrift für wissenschaftl. Zoologie. VIII. Bd. — Kölliker, ibidem. VII. Bd.

dass im Schwanz des Nebenhodens und im vas deferens sich nur diese letzteren neben geringen Beimengungen von Körnchen und Zellen finden (Kölliker).

In dem frischen, aus dem lebenden Thier genommenen Hoden zeigen alle die Fäden Bewegungen, welche sich jenseits der vasa efferentia befinden, keineswegs aber die, welche in den Canälchen und den genannten Gängen enthalten sind (O. Becker). Es können jedoch alle Fäden, also auch diejenigen, welche an ihrer natürlichen Lagerstätte ruhig sind, durch passende Mittel zu Bewegungen veranlasst werden, in günstigen Fällen selbst noch am dritten Tage nach dem Tode des Thiers, dem der untersuchte Hoden angehörte. Diese Bewegungen gehen ursprünglich von dem Schwanz, nicht aber vom Kopf aus, denn Kölliker hat gefunden, dass der abgetrennte Schwanz sich noch bewegt, der abgetrennte Kopf aber ruht. Der von dem platten, nach vorn etwas zugespitzten Kopfe ausgehende lange fadenförmige Schwanz krümmt sich bei diesen Bewegungen ohne regelmässige Folge bald da, bald dort hin und her und streckt sich rasch wieder; hierbei entwickelt derselbe hinreichende Stosskräfte, um eine Ortsbewegung des ganzen Fadens zu veranlassen, welche denselben in einer Sekunde um 0,27 MM. in gerader Linie weiterschieben kann (Henle). Bei diesen Bewegungen weichen die Fäden Hindernissen aus, die ihnen entgegentreten, so dass es den Anschein gewinnt, als ginge in den Bewegungsakt eine sinnliche Wahrnehmung und eine Schätzung der bevorstehenden Hemmung ein.

Die Bewegungen können für längere Zeit erlöschen und dann unter günstigen Bedingungen wieder kommen; sie scheinen nur möglich zu sein in den Temperaturgrenzen von 12 bis 46° C., ferner nur so lange, als die Samenfäden sich in einem gewissen Grad von Quellung und in einer bestimmten, nicht näher zu bezeichnenden chemischen Verfassung befinden. Die Bedingungen, unter denen die ruhenden Fäden wieder zur Bewegung gebracht werden oder die bewegten beruhigt werden, sind nicht überall mit denen gleich, durch welche der reizbare Nerv und Muskel erregt werden kann oder seine Erregbarkeit einbüsst.

Die Bewegung erhält sich unverändert in allen thierischen Flüssigkeiten von mittlerer Conzentration und schwach alkalischer Reaktion; sie verschwindet dagegen, wenn die Säfte sauer oder durch ammoniakalische Beimischungen stark alkalisch sind. Die Bewegung erhält sich ferner in 1 prozentigen Lösungen von Na Cl, K Cl, Am Cl, $NaO\,NO_5$, $KO\,NO_5$, und in 5—10 prozentigen Lösungen von $2\,NaO\,HO\,PO_5$, $NaO\,CO_2$, $NaO\,SO_3$, $MgO\,SO_3$, Ba Cl; ferner in mittelstarken Lösungen von Zucker, essigsaurem Morphium,

Cyankalium und Strychnin (Valentin, R. Wagner, Kramer, Ankermann, Moleschott, Kölliker). Alle die genannten Lösungen heben dagegen die Bewegungen auf, entweder wenn sie so wässerig sind, dass die Samenfäden darin stark aufquellen, oder so conzentrirt, dass sie schrumpfen. Im ersten Fall kann ein Zusatz von Salz, im letzten Fall ein Zusatz von Wasser die Bewegung wieder hervorrufen (Ankermann). Sind die Bewegungen in den günstig wirkenden Lösungen der genannten Stoffe erloschen, so können sie oft noch vorübergehend durch Aetzkali hervorgerufen werden. — Die Bewegung sowohl wie die Fähigkeit dazu erlischt unwiederbringlich entweder augenblicklich, oder nach wenigen Minuten in Lösungen von 0,5 proz. ClH, in sehr verdünnten Lösungen von Metallsalzen (z. B. Sublimat von 0,01 pCt.) und allen Säuren, in Chloroform, Alkohol, Aether, Kreosot u. s. w. Lösungen von Gummi und Dextrin verhalten sich wie reines Wasser (Ankermann, Kölliker). Elektrische Schläge haben keinen Einfluss auf die Bewegungen, ein constanter Strom wirkt nur durch seine elektrolytischen Ausscheidungen. — Die Beweglichkeit der Samenfäden von Vögeln, Amphibien und Fischen verhalten sich zu den genannten Reagentien nicht immer wie die der Säugethiere und der Menschen. Siehe hierüber Kölliker l. c.

Ueber die chemischen Eigenschaften des Inhaltes des Hodens und des vas deferens ist Folgendes bekannt: Die Samenfäden der Säugethiere können nicht vollständig gelöst werden durch conzentrirte SO_3, NO_5, $\overline{Ac}$; sie sind ferner unlöslich in kohlensaurem Natron; in kalter Lauge von 50 pCt. KO quellen sie stark auf, in warmer lösen sie sich (Kölliker). Die mit Wasser ausgewaschenen Samenzellen des Hodens enthalten einen eiweissartigen Körper, die Samenfäden auf gleiche Weise behandelt, einen in Kali löslichen Eiweissstoff, ein butterartiges Fett und phosphorsauren Kalk.

Die Samenflüssigkeit ist im Inhalt des Hodens nur in geringer Menge da, sie ist klebrig, reagirt alkalisch und enthält einen in Wasser löslichen, durch Kochen nicht gerinnenden Eiweisskörper (Kölliker) oder Schleim und NaCl (Frerichs).

Sperma aus den Nebenhoden und vas deferens des reifen Ochsen gab Kölliker in 100 Theilen: 82,09 Wasser, 15,26 organische Stoffe (darunter 2,16 Fett) und 2,64 Salze. — Das Sperma des unreifen Stieres gab 88 pCt. Wasser.

3. Die Absonderungsgeschwindigkeit des Samens. Vor der Pubertät geht die Bildung des unreifen Samens zuerst äusserst langsam vor sich; denn in dieser Zeit wird, so weit wir wissen, gar kein Saft aus dem Hoden entleert. — Nachdem mit den Pubertätsjahren die Absonderung eines vollkommenen Samens zu Stande gekommen, kann sie bis in das hohe Alter bestehen; Duplay fand in den Hoden 80jähriger Greise noch Samenfäden; übrigens sind nach demselben Beobachter bei Hochbejahrten die Samenfäden meist spärlicher vorhanden, und fehlen auch nicht selten gänzlich,

oder sie sind mindestens missgestaltet. Man vermuthet, dass eine öftere Entleerung des Samens die Neubildung desselben beschleunige. — Bei Individuen mittleren Alters fehlen zuweilen die Samenfäden; die Beziehungen, welche man zwischen gewissen krankhaften Störungen der allgemeinen Ernährungsprozesse und der ausbleibenden Bildung von Samenfäden vermuthet, haben sich durch die Untersuchungen von Duplay nicht bestätigt.

4. Samenbereitung. Die Formfolge bei der Entwicklung der Samenfäden ist schon soeben nach der Angabe von Kölliker geschildert worden. Danach ist ihre Bildungsstätte die Samenzelle. Die gekrümmten und langen Wege, die häufigen Anastomosen und endlich die Enge des vas deferens bedingen eine hinreichend langsame Bewegung des Samens von den Anfängen zu den Enden des Hodens, um die zur Formentwicklung nothwendige Zeit zu gewinnen. — Die Bedingungen für die Entstehung des Samenfadens müssen theils in der Blutzusammensetzung und theils in Zuständen des Hodens selbst gesucht werden. Für den letzteren Satz spricht vor Allem die Beobachtung von Duplay, dass bei demselben Individuum in dem einen Hoden der Samen fadenhaltig und im andern fadenfrei sein kann. Worin diese Bedingungen liegen, ist unbekannt, sicherlich nicht in dem Säftereichthum desselben überhaupt, da Hoden, welche einen normalen Samen erzeugen, im Mittel nicht schwerer sind, als diejenigen, welche dieses nicht vermögen (Duplay).

5. Die Entleerung des Hodens kann möglicher Weise veranlasst werden durch die in der tunica vaginalis comm. vorhandenen Muskeln; die Anwesenheit eines serösen Sackes (tunica vaginalis propria) deutet mindestens auf eine Verschiebung der beiden Blätter desselben, also auf selbstständige Hodenbewegungen hin. Die Austreibung des Sperma aus den Nebenhoden muss dagegen begünstigt werden durch die von Becker nachgewiesenen Cilien, welche einen Strom vom Hoden zum vas deferens einleiten. — Der in das vas deferens entleerte Samen wird durch die Muskelbewegungen dieses Schlauchs, nicht aber durch die Zusammenziehungen des m. cremaster (L. Fick) gegen die Samenbläschen hin ausgestossen, wo er mit andern Drüsensäften vermischt und endlich in die Harnröhre entleert wird. Seinen weiteren Weg verfolgt die Zeugungslehre.

B. Beiwerkzeuge des Hodens.

Das Wenige, was über die Absonderungserscheinungen der serösen Hodenhaut bekannt ist, wurde schon S. 259 erwähnt. —

Der Muskel des Samenstranges (Cremaster) ist ein unwillkürlich beweglicher. — Die tunica dartos, welche aus einer Lage gekreuzter Muskelzellen besteht, verkürzt sich meist nur dann, wenn sie abgekühlt oder mit Elektrizität geschlagen wird. Zuweilen auch unter der Einwirkung eines Druckes auf dieselbe. Ueber eine Art von rhythmischer Bewegung in derselben siehe Betz *).

C. Accessorische Samendrüsen (vas deferens, Samenblasen, Prostata.)

Ueber ihre Ernährung und die in ihnen vorgehende Säftebildung ist so gut wie nichts bekannt. Die beiden ersten Gebilde sondern eine den Hodensaft verdünnende Flüssigkeit ab (E. H. Weber) **); denn es ist, wie das Mikroskop lehrt, die Zahl der Samenfäden in gleichen Portionen Inhalts der vasa deferentia viel bedeutender, als in denjenigen der vesiculae seminales. Da man keinen Grund hat anzunehmen, dass sich Samenfäden in den Bläschen auflösen, so kann die Erscheinung nur aus einer Verdünnung des Hodensaftes durch Zusatz neuer Flüssigkeit erklärt werden.

D. Das männliche Glied.

Nachdem schon an verschiedenen Stellen von den Schweiss- und Schleimdrüsen des Penis gehandelt wurde, beschränken wir uns hier auf die Erektion und die Betheiligung des Gliedes an Samen- und Harnentleerung.

1. Die Erektion***) ist abhängig von einer Veränderung des Blutstroms im Penis, die durch die Nerven des letzteren eingeleitet wird. Die Lumina der Gefässröhren sind nämlich in dem Penis so angeordnet, dass sehr enge spiralig gewundene Arterien in relativ weite, von Balken durchzogene Säcke (corpora cavernosa) münden, welche wieder in enge Venen übergehen. In diesem Röhrenwerk strömt das Blut nun entweder in der Art, dass sein Seitendruck nicht genügt, um die Cavernen auszuspannen, oder dass er beträchtlich genug wird, um sie straff zu pressen gegen die fibrösen Häute bis zur vollkommenen Steifung des Gliedes. Der Zusammenhang dieser Strömungsänderungen und der Penisnerven

*) Henle's und Pfeufer's Zeitschrift. N. F. I. Bd. 331.

**) Zusätze zur Lehre vom Baue und den Verrichtungen der Geschlechtsorgane. Leipzig 1846. 397.

***) Krause, Müller's Archiv. 1837. p. 1. — Günther, Untersuchungen und Erfahrungen im Gebiete der Anatomie u. s. w. Hannover 1837. — Arnold, Anatomie des Menschen. — Kobelt, Das Wollustorgan. Freiburg 1844. — Kohlrausch, Zur Anatomie und Physiologie der Beckenorgane. Leipzig 1854. — Kölliker, Würzburger Verhandlungen. II. Bd. N. 8 u. 9. — Hausmann, Ueber die Zeugung und Entstehung des wahren weiblichen Eies u. s. w. Hannover 1840. — Rouget, Recherches sur les organes erectiles de la femme in Brown-Séquard's Journal de physiologie. I. Bd. p. 320.

ist durch die Folgen ihrer Zerschneidung bei Pferden erwiesen worden (Günther); diese Operation beschränkt nämlich ebensowohl die vollkommene Steifung, als die vollkommene Erschlaffung des Gliedes. Der Strom scheint eine mittlere Spannung anzunehmen.

Der Mechanismus, welcher diese Stromveränderung einleitet, wird verschiedenartig aufgefasst. — a) Die Stromhindernisse in den Arterien werden vermindert (Hausmann) z. B. durch Erschlaffung ihrer Wandung; daraus würde natürlich eine Erweiterung ihres Querschnitts entstehen. Gründe für diese oft ausgesprochene Behauptung giebt es keine. Als einen Gegengrund für dieselbe könnte man den Erfolg der Nervendurchschneidung am Penis selbst ansehen; denn indem die Gefässnerven hierbei mit verletzt und somit die zuführenden Arterien ausgedehnt werden, müsste nach der Operation Erektion eintreten. Dieses geschieht aber nicht. — b) Steigerung der Stromhemmnisse in den ausführenden Röhren. Die Vertheidiger dieser Ansicht haben zwei Möglichkeiten aufgestellt. Entweder es werden zusammengepresst die Venenstämme (dorsalis, bulbosae, plexus venosus santorini) durch die musc. ischio- und bulbocavernosus und adductor prostatae)*). Abgesehen davon, dass diese Muskeln die erwähnten Venen zu comprimiren vermögen, führt diese Vermuthung für sich an: die Anwesenheit tonischer oder klonischer Krämpfe in den Muskeln während der Erektion und nächstdem die Beobachtung, dass bei einer Injection dünnflüssiger Massen in den todten Penis die Steifung desselben erst dann zu Wege gebracht werden kann, wenn man die Venen desselben ganz oder theilweise zuschnürt (Krause). So annehmbar von disser Seite diese Vorstellung ist, so darf andererseits nicht verkannt werden, dass man willkürlich die erwähnten Muskeln zusammenziehen kann, ohne damit eine Erektion zu Stande zu bringen. — Im Anschluss an diese Annahme steht die andere, dass sich die Oeffnungen, welche die Cavernen und die ausführenden Venen verbinden, selbst verengern und bei einer weit gediehenen Anfüllung des Penis sogar ganz verschliessen möchten. Diese Hypothese wird für die corpora cavernosa penis sehr wahrscheinlich angesichts der leicht zu constatirenden Thatsache, dass die Injectionsmasse oder Luft, die man durch eine künstliche Oeffnung geradezu in die Hohlräume einspritzt, nicht in die ausführenden Venen übergeht, selbst wenn man einen bedeutenden Druck anwendet. Unläugbar verlangt dieses Verhalten die Anwesenheit von Hemmnissen an der Grenze von Cavernen und Venen, wenn sich die letztern ausgedehnt haben, obwohl noch der anatomische Nachweis derselben fehlt (Kobelt, Kohlrausch). Die Schwierigkeiten, welche diese Erklärungsart der Erektion mit sich führt, liegen nun aber darin, dass sie einmal nicht feststellt, wodurch die Cavernen zuerst zu dem Grade von Anfüllung kommen, der nöthig ist, damit die klappenähnlichen Apparate in Wirksamkeit treten können; dann aber lässt sie unerörtert, wie der Penis wieder abschwillt, da seine Klappen ununterbrochen wirken, wie man an der Leiche sieht. — Auf keinen Fall können aber, wie schon erwähnt wurde, ähnliche Vorrichtungen wirksam sein bei der Anschwellung der corp. cavernos. urethrae und der Eichel, da die in ihre Höhlen eingeblasene Luft den Ausweg leicht durch die Venen findet. — c) Die dritte Annahme, welche Kölliker in weitester Ausdehnung vertritt, behauptet, dass die Mündungen der zu und von den Cavernen füh-

*) Das ist der vordere Theil des muskulösen Beckenzwerchfells.

renden Gefässe wesentlich unverändert bleiben, dass aber die Cavernenwandungen nachgiebiger würden, so dass sie von dem einströmenden Blute leichter als früher zu erweitern wären. Die Ursache der Erschlaffung finden Kölliker und Kohlrausch in der Erregung der Penisnerven, welche zu ihren Muskeln in einem ähnlichen Verhältniss stehen sollen, wie die nn. vagi zum Herzmuskel. Mit Gewissheit kann allerdings die Behauptung ausgesprochen werden, dass eine kräftige Zusammenziehung der von Kölliker und Valentin in den corpora cavernosa entdeckten Muskeln die Erektion gerade unmöglich machen, weil sie so angelegt sind, dass ihre Verkürzung das Volum des Penis minderte; so sah es Kölliker, als er den Penis eines Hingerichteten mit elektrischen Schlägen behandelte, und so ist das abgekühlte Glied, dessen Muskeln zusammengezogen sind, immer sehr klein und derb. Damit ist aber natürlich nicht die Behauptung erwiesen, dass die Muskeln des Penis ein dem Vagus und Herzmuskel analoges Verhalten zeigen. Rücksichtlich des letztern Punktes ist um so grössere Vorsicht nöthig, als es sehr wahrscheinlich ist, dass der Vagus nicht geradezu den Herzmuskel erschlafft, sondern andere auf ihn wirkende Erregungsursachen ausser Wirksamkeit setzt; zudem widerspricht der Annahme von Kölliker der Umstand, dass eine Injection von Flüssigkeit in den todten, vollkommen schlaffen Penis erst dann die Steifung erzeugt, wenn der Abfluss der Flüssigkeit durch Verengerung der Venen gehemmt ist. — d) Arnold weist endlich auf die Möglichkeit hin, dass das Strombett des Blutes in dem gesteiften Penis ein ganz anderes sei, als in dem schlaffen; er glaubt sich nämlich überzeugt zu haben, dass das Blut auf zwei Wegen aus den Arterien in die Venen gelangen könne; einmal durch Capillaren, welche auf den Wänden der Cavernen verlaufend in die Venen einmünden, und dann durch Zweige, welche direkt in die Cavernen übergehen. Diese Möglichkeit wird so lange bestritten werden müssen, bis diese beiden Wege genauer dargestellt sind.

Ueber die vorübergehende Erektion der Eichel und die mannichfachen Erregungsmittel der Erektion handeln Kobelt und Valentin ausführlich.

2. Ausstossung von Harn und Samen aus der Harnröhre. Da in die Urethra die Ausführungsgänge der Samen- und Harnbehälter münden, ohne dass die eine der beiden Flüssigkeiten in die Wege der andern eindringt, so müssen Vorrichtungen bestehen, welche den beiden Säften immer nur einen Weg anweisen. Als Schutzmittel der Samenwege, welches den Eintritt des Harns in dieselben verhindert, ist anzusehen der schiefe Gang, welchen die samenausführenden Röhren durch die Wand der Urethra nehmen. Als eine Hemmung für den Weg des Samens in die Harnblase betrachtet Kobelt das caput gallinaginis, welches ebenfalls, mit Schwellkörpern versehen, zur Zeit der Erektion die Blasenmündung verstopft. — Da nun aber auch bei abwesender Schwellung der Samen nicht in die Harnblase gelangt, so muss schon der normale Blasenschluss als Hinderniss genügen. — Der Harn wird schon in die Urethra mit hinreichender Kraft getrieben, um aus der Mündung derselben in einem Strahl befördert zu werden. Anders verhält es sich mit dem Samen, der durch die schwachen Muskeln

der Samenbläschen nur bis in die Harnröhre getrieben wird; aus dieser befördern ihn die Zusammenziehungen des m. bulbocavernosus. — Bei der Steifung des Gliedes ist das Eindringen des Samens in die Harnröhre noch besonders erleichtert, da diese zu jener Zeit in Folge der Ausspannung ihrer Wände ein geöffnetes Lumen besitzt. Der Harn findet aber zu dieser Zeit an dem geschwollenen Schnepfenkopf ein Hinderniss, so dass er durch den gesteiften Penis nur schwach abfliesst.

Weibliche Geschlechtswerkzeuge.

A. Eierstock.

1. Anatomischer Bau. Das Stroma des Eierstocks besteht aus Bindegewebe, glatten Muskelfasern (?) und Blutgefässen; in diese Massen sind eingebettet unreife, reife und zerstörte Eikapseln, und das Ganze (Stroma und Eitheile) ist umzogen von einer fibrösen Hülle. Die Blutgefässe des Eierstocks haben an derjenigen seiner langen Seiten, welche von der Trompete abgewendet ist, einen Bau, wie er in Schwellkörpern gefunden wird. Zwischen diese Gefässe treten Muskeln in das Ovarium, welche in Verbindung stehen mit den Muskelzügen, die im lig. uteri latum verlaufen und von da in das lig. uteri rotundum, den Uterus und die Tuben übergehen (Rouget)*) — Die reife Eikapsel ist ein kugeliger Sack, der mit Flüssigkeit (Eiwasser) gefüllt ist. Die Wand dieses Sackes besteht nach aussen hin aus Bindegewebe, dann folgt eine strukturlose Haut und auf diese eine mehrfache Lage von Zellen (Körnerhaut), und in dieser liegt das Eichen. Die Elemente der Körnerhaut, zusammengedrückte, getrübte, kernhaltige Zellen, liegen zum grössten Theil in einer nur mehrfachen Schicht auf der strukturlosen Haut des Sackes an, an einer Stelle aber sammeln sie sich so zahlreich, dass sie einen kleinen Hügel bilden (Keimhügel), und in diesem ruht das Eichen eingebettet. Dieses selbst besteht, vom Centrum an gerechnet, aus einer hellen Zelle mit dunklen Pünktchen (Keimbläschen und Keimfleck), diese liegt in einem trüben Tröpfchen (Dotterkugel), welches endlich von einer breiten, durchsichtigen, zähen Schaale (Dotterhaut, Eiweissschicht) umgeben wird.

2. Chemische Beschaffenheit **). Die Grundmasse des Eierstocks besitzt wahrscheinlich die Zusammensetzung des elastischen

*) Journal de physiologie par Brown-Séquard. I. 320.

**) Gobley, Pharmazeut. Centralblatt 1847. — Derselbe, Journal de pharmacie. 3me Sér. XVII. und XVIII. Bd. — Fremy und Valenciennes, Journal de pharmacie. 3me Sér. XXVI. —

Bindegewebes. Die Eigenschaften der strukturlosen Eikapsel, der membrana granulosa und des Eiwassers sind ganz unbekannt. Die Zusammensetzung des menschlichen Eies können wir seiner Kleinheit wegen nicht durch direkte Untersuchung in's Klare bringen. Auf die Bestandtheile des reifen menschlichen Eies schliessen wir darum nur aus der Untersuchung des thierischen. Unter Beschränkungen halten wir uns hierzu berechtigt, weil die Untersuchungen von Gobley, Valenciennes und Fremy gezeigt haben, dass wenigstens analoge Bestandtheile das Ei sehr verschiedener Thiere zusammensetzen. Die quantitative Zusammensetzung ist in den verschiedenen Eiern durchaus ungleich.

Nach Gobley, Valenciennes und Fremy findet sich in den Eiern aller Wirbelthiere Albumin, Margarin, Oleïn, phosphorhaltige Fette und die gewöhnlichen Blutsalze. Dazu kommt bei den Vögeln ein eigenthümlicher eiweissartiger Körper, das Vitellin, welches bei den Knochenfischen durch Ichtidin und bei den Knorpelfischen durch Ichthin vertreten wird. — Um eine Vorstellung von der grossen Complikation der Zusammensetzung des Hühnereies zu geben, zählen wir seine Bestandtheile auf: Albumin, Vitelin (C 52,8, H 7,2, N 15,1, O 26,16), Margarin, Oleïn, Cholestearin, Lecithin, Cerebrin, Zucker, NaCl, KCl, NH_4Cl, $KO\,SO_3$, $3\,CaO\,PO_5$, $3\,MgO\,PO_5$, $NaO\,CO_2$, SiO_3, ein rother eisenhaltiger und ein gelber Farbstoff, Wasser.

3. Bildung und Ausstossung des Eies *). Ueber die Formfolge des entstehenden Eies ist uns Einiges bekannt. Zuerst tritt es auf als eine grosse, durchsichtige, kernhaltige Zelle, welche im Centrum eines Haufens kleiner, mit trüblichem Inhalt gefüllter Zellen liegt (Steinlin). Diese letztern Zellen gleichen schon ganz denen der spätern membrana granulosa. In einer zweiten Formstufe umgiebt eine strukturlose Haut die Zellenmasse; auf die äussere Fläche dieser Hüllenanlage setzt sich später das Bindegewebe an, auf die innere die membrana granulosa.

Die Bedingungen zur Bildung von Eiern können während des ganzen Lebens, vielleicht mit Ausnahme einiger Krankheiten (z. B. der Bleichsucht) und der des höheren Alters, vorhanden sein, denn es finden sich selbst in den Eierstöcken der Embryonen schon Anlagen von Eikapseln. Ihre vollkommene Ausbildung erlangen aber

---

Weber, Poggendorf's Annalen. 79. Bd. 398. — Barreswill, Scherer's Jahresbericht über phys. Chemie für 1849. p. 100. — Winkler, Giessener Jahresbericht über Chemie. 1847 u. 48. 858. — Budge, Liebig's Annalen. Bd. 64. p. 127.

*) Bischoff, Entwickelungsgeschichte der Säugethiere und des Menschen. Leipzig 1842. — Derselbe, Beweis der von der Begattung unabhängigen Losstossung der Eier. Giessen 1844. — Leuckart, Zeugung in Wagner's Handwörterbuch. VI. Bd. — Bischoff, Henle's und Pfeufer's Zeitschrift. N. F. IV. Band. 129. — Steinlin, Züricher Mittheilungen. 1849. — Kölliker, Gewebelehre. 3. Aufl. 536.

die Eier nur während eines bestimmten Lebensabschnittes der Frauen, der in unsern Gegenden mit dem 14. bis 15. Jahre beginnt und nach dem 40. schliesst. Einzig während dieser Periode werden auch die Eier aus dem Ovarium ausgestossen; dieses geschieht dadurch, dass in den Binnenraum der Kapsel mehr und mehr Flüssigkeit eindringt, so dass diese endlich, nachdem sie das umgebende Gewebe verdrängt und sich über der Oberfläche des Eierstockes erhoben hat, platzt. Die aus der Kapsel hervorstürzende Flüssigkeit spült dabei das locker angeheftete Eichen auf die freie Fläche des Eierstockes. Dieser Hergang erfolgt bei Thieren, wie Bischoff nachgewiesen, nur zur Zeit der Brunst und beim Menschen nur zur Zeit der Menstruation; er bleibt beim Menschen wahrscheinlich jedesmal nur auf ein oder mehrere Eier beschränkt. Während der Dauer der Schwangerschaft ist die Ausstossung der Eier unterbrochen. — Nachdem das Säckchen das Ei ausgestossen, schrumpft es unter Faltenbildung zusammen, ohne dass jedoch dadurch der ganze Hohlraum zum Verschwinden kommt. Dieser letztere füllt sich anfänglich mit Blut und allmälig mit einer von der Haut ausgehenden Zell- und Bindegewebswucherung. Diese Rückbildung geht langsamer zur Zeit der Schwangerschaft vor sich, als ohne dieselbe. Darum findet man eine mit mehr oder weniger weit zersetztem Blut gefüllte Capsel (corpus luteum) deutlich bei den während der Schwangerschaft gestorbenen Individuen (Meckel, Bischoff.)

B. Eileiter.

Der Eileiter empfängt seine physiologische Bedeutung dadurch, dass er die Eier aus dem Ovarium in den Uterus überführt. Das Wenige, was wir über seine Lebenserscheinungen wissen, bezieht sich auf diesen Vorgang, beziehungsweise auf die dabei stattfindenden Bewegungen. Diese letzteren werden entweder durch Muskeln oder durch ein Flimmerepithelium ausgeführt.

Die Muskeln gehören zu den glatten; die Nerven, unter deren Einfluss sie stehen, verlaufen in den unteren Partien des Grenzstrangs. Die Muskeln bedingen je nach ihrer Anordnung einen verschiedenen Erfolg. — Diejenigen, welche sich vom freien Ende der Tuben zu den Ovarien erstrecken, nähern bei ihrer Zusammenziehung die beiden genannten Theile. Rouget vermuthet, dass sie sich in Folge reflektorischer Anregung zusammenziehen, wenn das Eichen reif und sein Sack zu platzen im Begriff ist. Es würde dann durch sie das Anlegen der Fimbrien an den Eierstock und

das Eindringen des Eies in die Tubenhöhle ermöglicht. — Die Muskeln, welche die Höhlung der Tuben selbst umschliessen, werden im Stande sein, sie zu ändern. Die Bewegungen, die man an ihnen beobachtet, sind immer fortschreitende; das Weiterschreiten kann ebensowohl vom Eileiter zum Fruchthälter als in der umgekehrten Richtung geschehen. Diese Bewegungen, welche durch galvanische und mechanische Erregungsmittel hervorgerufen werden können, treten häufig auch ohne nachweisliche Veranlassung auf, und zwar geschieht dieses Letztere ebensowohl, wenn der Eileiter noch in seinen normalen Verbindungen sich vorfindet, als wenn er gemeinschaftlich mit dem Uterus ausgeschnitten ist. Die eigenen Muskeln des Eileiters verhalten sich also ähnlich denen des Darms.

Die Flimmerzellen der Eierstöcke, deren Faden in der Art schwingen, dass sie einen Strom von dem Ovarium nach dem Uterus hin veranlassen, zeichnen sich vor allen übrigen durch ihre ausserordentliche Empfindlichkeit gegen schädliche Einflüsse aus.

Die Fortbewegung der Eier durch die Tuben geschieht nach den Beobachtungen von Bischoff und Hyrtl ausserordentlich langsam, indem 5 bis 8 Tage (beim Menschen und Hund) nöthig sind, um sie durch den Eileiter hindurchzufördern. Durch welche Einrichtungen die Bewegung so verlangsamt wird, ist nicht bekannt; denn sie müsste rascher vor sich gehen, wenn das Ei dem Strom der Flimmerhaare oder der peristaltischen Bewegung der Muskeln folgte.

C. Fruchthälter.

Die Wand des Uterus ist zusammengesetzt aus Muskelfasern, welche so laufen, dass die Höhle des Fruchthälters allseitig zusammengepresst werden kann; ferner besteht sie aus Blutgefässen, welche sich im Körper des Uterus zu einem wahren Schwellgewebe gestalten (Rouget), und aus einer Schleimhaut, die im Cervix mit Pflaster-, im Fundus mit Flimmerepithelium besetzt ist. Die Wimpern sind jedoch erst in der mannbaren, nicht aber in der unreifen Gebärmutter vorhanden.

Menstruation. Vor der Pubertät macht sich der Uterus wenig bemerklich, und nach derselben auch nur zur Zeit der Schwangerschaft und der Regeln. Unter diesen letztern versteht man bekanntlich eine in vierwöchentlichen Zwischenräumen wiederkehrende blutige Ausscheidung aus der Gebärmutterhöhle.

1. Chemische Zusammensetzung der Menstrualflüssigkeit*) Sie stellt ein Gemenge von flüssigen und festen Körpern dar. Die aufgeschwemmten Massen bestehen aus Blut- und Lymphkörperchen, Epitheliumzellen; die flüssigen enthalten Wasser, Eiweiss, Faserstoff, Fette und alkalisch reagirende Salze.

Ueber den Faserstoffgehalt bestehen Controversen; Simon, Vogel und früher auch Denis fanden das Blut, welches aus dem Uterus ausgetreten, weder gerinnbar, noch enthielt es Faserstoffflocken. Nach E. H. Weber**), der in dem Uterus einer Person, die während der Menstruation gestorben war, Faserstoffgerinnsel fand, ist dieses nur darum der Fall, weil das Blut kurz nach seinem Austritt auf die Uterusfläche gerinnt und aus diesem Gerinnsel Blutkörperchen und Serum austreten, während der Fasertoff wenigstens zeitweilig zurückgehalten wird. — Mit dieser Annahme stimmen neue Untersuchungen von Denis und Henle überein, welche im Menstrualblut Gerinnung beobachteten.

Ueber die quantitative Zusammensetzung des Menstrualblutes besitzen wir Angaben von Simon, Denis und J. Vogel; die Mittheilungen des letztern Autors dürften darum am zuverlässigsten sein, weil er die Flüssigkeit unmittelbar aus der vorgefallenen Gebärmutter sammelte. Nach ihm enthielten zwei Portionen des Ausflusses, von denen die eine zu Beginn und die andere zu Ende der Menstruation aufgefangen war, in 100 Theilen gleich viel Wasser, nämlich 83,9 pCt.; ein Serum, das aus diesem Ausfluss gewonnen war, enthielt in 100 Theilen 93,5 Wasser; unter 6,5 pCt. festen Bestandtheilen befanden sich 0,65 pCt. feuerbeständiger Salze. Diese wenigen Thatsachen scheinen doch hinzureichen zu dem Schluss, dass die untersuchte Flüssigkeit kein reines Blut gewesen sei.

2. Das Erscheinen der Menstruation***) ist von verschiedenen Umständen abhängig. a) Die Menstruation kommt nur dann zu Stande, wenn sich aus dem Ovarium ein Ei ablöst. Der Beweis für diese Behauptung liegt darin, dass man jedesmal, so oft es möglich war, die Leiche einer während der Menstruation verstorbenen Person zu untersuchen, in dem Eierstock entweder eine reife oder so eben geplatzte Eikapsel fand, und ferner darin, dass keine Frau menstruirt ist, der in Folge einer Operation oder der ursprünglichen Entwickelung die Eierstöcke fehlten. Die Verknüpfung beider Vorgänge ist jedoch insofern keine nothwendige, als es umgekehrt beobachtungsgemäss möglich ist, dass ein Eiaustritt er-

*) Litzmann, Artikel Schwangerschaft in Wagner's Handwörterb. III. 1. — Leuckart, l. c.

**) l. c. p. 418.

***) Tilt, Valentin's Jahresbericht über Physiol. für 1850. 132. — Hannover, ibid. 1851. 189. — Szukits, Zeitschrift der Wiener Aerzte. 1857.

folgen kann, ohne dass die Regeln in merklicher Weise eintreten. — b) Die Regeln können nur erscheinen, wenn ein gewisses Lebensalter erreicht und ein anderes nicht überschritten ist. Das Alter, nach dessen Vollendung die Menses auftreten, wechselt mit dem Klima und der Lebensweise. Nach statistischen Beobachtungen fällt der mittlere Eintritt derselben im nördlichen Deutschland in das 16., im südlichen Frankreich in das 13. und in den tropischen Ländern in das 11. bis 9. Jahr. Die Städterin soll im Durchschnitt um ein Jahr früher menstruirt sein, als die Bewohnerin des Landes. Ueber das Alter, in dem die Menstruation verschwindet, sind weniger allgemeine Regeln festgestellt; in unsern Gegenden hört die Menstrualblutung gewöhnlich mit dem 40. bis 45. Jahre auf oder tritt von da an nur sehr unregelmässig ein. — c) Wenn eine Menstrualblutung stattgefunden hat, so muss ein gewisser Zeitraum verstreichen, bevor eine neue eintreten kann. Die Zeit, welche zwischen je zwei Reinigungen liegt, beträgt gewöhnlich 4 bis 4 und eine halbe Woche. Abgesehen davon, dass sich hier individuelle Verschiedenheiten finden, soll sich auch der Unterschied der Klimate geltend machen, und namentlich giebt man an, dass in nördlichen Gegenden die Menstruationen seltener aufeinander folgen, als in südlichen. — d) Endlich ist es eine Regel, die nur seltene Ausnahmen erleidet, dass nur das ungeschwängerte Weib der monatlichen Reinigung unterworfen ist.

3. Die Dauer und die Geschwindigkeit des Blutflusses sind sehr variablen Werthes, indem namentlich die Dauer des Ausflusses bei den verschiedenen Frauen zwischen einem bis zu acht Tagen schwankt. — Im Allgemeinen soll bei magern, lebhaften und südländischen Frauen die Geschwindigkeit des Ausflusses grösser sein, als bei fetten, trägen und denen des Nordens.

Zahlenangaben wie die, dass die norddeutschen Frauen und die Engländerinnen 90 bis 105 Gr., die süddeutschen 240 Gr., die Italienerinnen und Spanierinnen 360 Gr. und die Frauen der Tropen 600 Gr. Flüssigkeit verlieren sollen, müssen mit einem ? aufgenommen werden.

4. Die Veränderungen, welche man in dem Uterus während der Dauer der Menstruation beobachtet hat, bestehen in einer Anschwellung seiner Wand; diese soll bedingt sein durch eine Füllung des Schwellgewebes, welche gleichzeitig mit der eintritt, die in dem Ovarium bei Loslösung eines Eies aus demselben beobachtet wird. Die Steifung beider Schwellkörper findet aber ihren näch-

sten Grund in der Hemmung des Blutstroms ihrer abführenden Venen, welcher veranlasst wird durch die Zusammenziehung der die lezteren umgebenden, im lig. latum verlaufenden Muskeln. In Folge dieser Steifung mehrt sich auch die Spannung des Bluts im Uterus und zwar soweit, dass sie den Eintritt des Blutflusses bedingt (Rouget). Neben diesen im Innern der Wand stattfindenden Vorgängen ändert sich auch die Schleimhaut; namentlich fällt das Flimmerepithelium ab, und ihre Masse selbst schwillt an, so dass sich häufig, wenn auch nicht immer (Bischoff), die Uterindrüsen vergrössern. Geschieht dieses letzte, so schwitzt auf die gesammte innere Oberfläche des Uterus eine weiche weisse Haut aus, die Decidua.

5. Die Ausstossung der in die Gebärmutterhöhle ausgetretenen Flüssigkeit wird wahrscheinlich auf verschiedenen Wegen besorgt. Zum Theil mag die Flüssigkeit einfach ausfliessen, zum Theil aber wird sie sicher durch die Bewegungen des Uterus, die als wehenartige Schmerzen empfunden werden, in die Scheide befördert; auf dem letztern Wege muss offenbar auch die Entfernung der festen Masse (des Faserstoffgerinsels und der etwa gebildeten Decidua) geschehen. Bemerkenswerther Weise bleiben diese letztern oft sehr lange in der Gebärmutter liegen, so dass sie mehrere Wochen nach Beendigung der Regeln, in der sogen. weissen Menstruation, mit Schleim vermischt entleert werden.

Ueber die Erektion der Scheide siehe Kobelt in dessen Wollustorgan und die Gegenbemerkungen dazu bei Rouget; die Fett- und Schleimdrüsen der Vagina sind schon früher erwähnt.

Milchdrüsen.

1. Anatomische Beschaffenheit der weiblichen Brustdrüse*). Ihre Höhlen sind im Allgemeinen angeordnet wie die einer traubigen Drüse mit mehreren Ausführungsgängen, z. B. der Thränendrüse; der Milchdrüse eigenthümlich sind die länglichen Erweiterungen in den grösseren Ausführungsgängen kurz vor deren Mündung. Die Wandung enthält durchweg eine strukturlose Grundlage, auf der innern Seite derselben liegt in den Endbläschen ein vieleckiges und in den grössern Gängen ein cylindrisches Epithelium. Auf der äussern Seite ist die strukturlose Wandschicht in den stärkeren Gängen mit einer Lage glatter Längsmuskeln belegt, die

*) Kölliker, Handbuch der Gewebelehre. 2. Aufl. 550. — Henle, Jahresbericht über mikroskopische Anatomie für 1850. 31. — Reinhardt im Archiv für pathol. Anatomie. I. Bd. 52. — Eckhardt, Beiträge zur Anatomie und Physiogielo. 1855. 1.

jedoch nicht bis in die Brustwarze hinreichen. — Die Gefässe umspinnen mit den gewöhnlichen Maschen in traubigen Drüsen die Bläschen; in der Milchperiode nimmt der Durchmesser derselben merklich zu. — Die Nerven, welche in das Innere der Drüsen gehen, sind nicht sehr zahlreich; sie kommen zum Theil aus dem vierten bis sechsten Intercostalnerven; ein anderer Theil unbekannten Ursprungs geht mit den Blutgefässen. Die erstern enden theilweise in den Muskelmassen der Drüse (Ekhard). — Die ganze Drüse ist in einen muskulösen Hautbeutel eingefüllt; die Muskeln desselben ziehen sich zwischen den Läppchen der Drüsen durch in das Bindegewebe, welches die Läppchen scheidet.

Die männliche Brustdrüse gleicht der weiblichen, ausgenommen dass ihre Endbläschen viel weiter und dafür sparsamer vorhanden sind, und dass den Ausführungsgängen die Erweiterung kurz vor der Mündung abgeht.

2. Milch*). Die Drüse liefert ihren Saft gewöhnlich nur bei Neugebornen beiderlei Geschlechts und bei schwangern und niedergekommenen Frauen, sehr selten auch bei Männern. Wir schildern zuerst die Eigenschaften der Muttermilch, d. i. derjenigen, welche von Frauen und Mutterthieren kurz vor oder nach dem Gebären abgesondert wird.

Die Muttermilch ist ein bläulich weisser Saft, der schwach sauer oder neutral oder auch schwach alkalisch reagirt, sein spez. Gewicht schwankt zwischen 1018 und 1045. — Das Mikroskop lässt erkennen, dass er aus aufgeschwemmten Stoffen (Milchkügelchen, Colostrumkörperchen und Epithelialzellen) und aus einer Flüssigkeit besteht. Eine Scheidung beider Bestandtheile behufs einer chemischen Untersuchung hat noch nicht gelingen wollen.

Der reichlichste Theil der aufgeschwemmten Bestandtheile, die Milchkügelchen sind fettreich, die Flüssigkeit ist eine wässerige Lösung von Salzen und Eiweissstoffen; man sollte demnach erwarten, dass sich das Serum und die Kügelchen der Milch in Folge ihres spezifischen Gewichtsunterschiedes trennten. Dieses geschieht aber selbst nach monatelangem Stehen nicht vollkommen; die grösseren der Milchkügelchen gehen wohl nach oben (Oberes, Rahm), aber die kleineren und kleinsten bleiben inmitten der Flüssigkeit. — Nicht viel weiter führt die Filtration der frischen Milch durch

---

*) Scherer, Milch in Wagner's Handwörterbuch. II Bd. — Clemm, Inquisitiones chemicae ac microscop. etc. Göttingen 1845. — Bensch, Liebig's Annalen. 61. Bd. 221. — Gorup, Archiv für physiolog. Heilkunde. VIII. 717. — Griffith, Chem. Gazette. 1848. 192. — Wilson, ibid. 1850. 366. — A. Becquerel et Vernois, De lait chez la femme. Paris 1855. — Wildenstein, Journal für prakt. Chemie. 58. Bd. 28. — v. Bueren, Onderzoekingen gedaan in het physiolog. Laborator. 1848—49. 91. — Dumas, Compt. rend. XXI. Bd. — F. Hoppe, Virchow's Archiv. XVII. 417. — Ausserdem die Lehrbücher von Dumas, Simon, Lehmann, L'héritier.

starkes Papier (Quevenne); auf dem Filter bleiben keine reinen Milchkugeln und durch dasselbe gehen noch immer sehr viele Molekularkörnchen. Die letzteren sollen nach Hoppe im Filtrat vermieden werden, wenn man die frische Milch durch eine thierische Haut presst. Die gewonnene Flüssigkeit soll aber ärmer an gelösten Eiweissstoffen sein, als das unfiltrirte Milchserum. Ausser der Analogie liegt hierfür kein Beweis vor. — Versetzt man die Milch mit conzentrirter NaCl-Lösung, so lässt sie sich leichter filtriren, und die Kügelchen, welche auf dem Filter zurückbleiben, lassen sich mit NaCl-Wasser auswaschen (Dumas); es ist wahrscheinlich, dass diese Kügelchen von der normalen Zusammensetzung abweichen; aber wie weit, ist unbekannt.

Die Milchkügelchen sind kugelige Körperchen; der Durchmesser der kleinsten ist unmessbar, der der grössten = 0,025 M.M.; sie sind Fetttropfen, welche von einer Hülle umzogen werden, die nach seinen Reaktionen aus einem dem Caseïn nahe stehenden Eiweisskörper gebildet ist (Henle, E. Mitscherlich, Dumas). Die Kügelchenhülle soll in der frischen Milch schwächer sein als in der seit Längerem entleerten (Filhol und Joly)*). — Der fettige Inhalt der Kügelchen (Butter) aus der Kuhmilch (also wahrscheinlich auch aus der Frauenmilch) kann zerlegt werden in Olein und andere neutrale Fette. Aus diesen geht durch Verseifung hervor: Butin- ($C_{40}H_{40}O_4$) (?), Stearin- ($C_{36}H_{36}O_4$), Palmitin- ($C_{32}H_{32}O_4$), Myristin- ($C_{28}H_{28}O_4$), Caprin- ($C_{20}H_{20}O_4$), Capryl- ($C_{16}H_{16}O_4$), Capron- ($C_{12}H_{12}O_4$) und Buttersäure ($C_8H_8O_4$) (Lerch, Heintz). Den gegebenen Formeln nach gehören diese Säuren sämmtlich zur Gruppe der Fettsäuren von dem Typus $2(C_nH_n)O_4$, von welchen aber in der Butter nur die Glieder vertreten sind, deren Kohlen- und Wasserstoffatomzahl durch 4 theilbar ist. Dem Gewicht nach besteht die Butter vorzugsweise aus Olein und Palmitin.

Da die Milchkügelchen aus zwei Stoffen bestehen, von denen der eine (Caseïn) ein grösseres und der andere (Fette) ein geringeres spezifisches Gewicht hat als die Milchsäure, so erklärt es sich, dass ein Theil jener Kügelchen über das letztere steigt, während ein anderer in ihm schweben bleibt. In den Rahm müssen nämlich die Kügelchen gehen, welche im Verhältniss zum Caseïn das meiste Fett enthalten, also wahrscheinlich die grösseren. Demnach wird die Rahmbildung nicht allein vom Fettgehalt der Milch überhaupt, sondern auch von der Art der Fettvertheilung abhängen.

Die Colostrumkügelchen bestehen wesentlich aus einem zusammengeballten Häufchen sehr kleiner freier Fetttropfen; zusammengehalten werden die Tröpfchen entweder durch die Haut einer Zelle, in deren Hohlraum das Häufchen eingelagert, oder durch eine die Tröpfchen verklebende (caseinhaltige?) Zwischen-

* Meissner's Jahresbericht für 1857. 325.

substanz, so dass sie auch dann noch zusammenhalten, wenn die Zellhaut verschwunden ist.

Das Milchserum enthält in Lösung einen oder mehrere eiweisshaltige Körper, das Caseïn und das Albumin. Weil aus der frischen Milch nur ein Theil der gelösten Eiweissstoffe durch Erhitzen auf 75° C. und ebenso auch nur ein Theil durch Lab gefällt wird, so ist man geneigt, anzunehmen, dass der erste Eiweiss und letzterer Casein sei. Das Verhältniss, in welchem die auf die eine oder andere Weise gefällten Mengen zu den nicht gefällten stehen, ändert sich in derselben Milch, aber mannigfach. So wird aus der kalten frischen Milch durch Lab weniger gefällt als aus der gekochten (Heynsius); und aus der neutralisirten oder schwach angesäuerten Milch wird durch Kochen mehr gefällt als aus der, welche schwach alkalisch reagirt (Scherer). War die frische Milch durch Lab in der Kälte gefällt, so wird aus der abfiltrirten Molke ein weiter Theil abgeschieden, wenn sie über 40 bis zu 80° erhitzt wird (Schübler, Scherer), der ganz die Eigenschaften des Caseins besitzt. Aus der frischen Milch wird durch CO_2 nichts gefällt, wohl aber aus der gekochten oder aus der, welche einige Zeit gestanden (Hoppe). Lieberkühn*) giebt sogar an, dass der kalte wässrige Auszug eines Milchrückstandes, der darch Abdampfen der Milch bei der Siedehitze bereitet wurde, einen Eiweissstoff enthält, welcher beim Erhitzen gerinnt. Aus alledem geht hervor, dass die eine oder die andere Abscheidungsweise keine scharfen Trennungszeichen giebt. Zudem stehen sich Albumin und Casein, wenn sie möglichst von ihren Beimischungen befreit wnrden, so nahe, dass es unthunlich ist, sie zu unterscheiden. Trotzdem werden wir in Folgendem den Sprachgebrauch Albumin und Caseïn beibehalten, um durch ein Wort andeuten zu können, ob die Siedehitze einen grössern oder geringern Antheil der gelösten Eiweissstoffe aus der Milch ausfällt. — Das Milchserum enthält ferner Milchzucker, öfter Milchsäure, Extrakte, Kali, Natron, Kalk, Magnesia, Eisenoxyd, Salz-, Phosphor-, Kohlensäure, Spuren von Kiesel- nnd Flusssäure. Der phosphorsaure Kalk und die phosphorsaure Magnesia sind an die Eiweisskörper gebunden.

Picard theilt der Milch auch Harnstoff zu; Hoppe fand denselben nicht.

Von den Veränderungen, welche die Zusammensetzung der Milch darbietet, hat man bis dahin vorzugsweise nur die prozen-

*) Poggendorf's Annalen. 86. Bd. 117.

tische berücksichtigt; man suchte und fand dieselbe veränderlich mit folgenden Bedingungen: dem Alter, der Constitution, der Haarfarbe, den Gemüthszuständen, der Nahrung der Mutter, ferner, ob die letztere während der Milchabsonderung schwanger, oder seit wann sie niedergekommenen; ob sie menstrualfähig oder nicht und wenn ersteres, ob sie menstruirt oder nicht menstruirt war, ob sie eine Erst- oder Mehrgebärende, wie entwickelt die Brustdrüse sei; endlich untersuchte man die Milch je nach der verschieden langen Aufenthaltszeit in der Brustdrüse, und ob die in verschiedenen Orten des Brustdrüsenraumes enthaltene anders zusammengesetzt sei. Die bei diesen Untersuchungen gewonnenen Zahlen hat man gewöhnlich nur zur Ausrechnung der prozentischen Zusammensetzung der Gesammtmilch benutzt. Da die Fette nur aufgeschwemmt und unabhängig von den flüssigen Stoffen, veränderlich sind, so würde es nöthig sein, auch die prozentische Zusammensetzung des Milchserums anzugeben; denn ohne diese ist die Vergleichung der gelösten Bestandtheile zweier Milcharten von gleichem Buttergehalt unthunlich. Weil aber das Serum nicht abscheidbar ist, würde es vielleicht angemessen sein, Caseïn, Zucker, Salze und Wasser mit Ausschluss der Fette auf 100 zu berechnen, und dann das Verhältniss der Fette zu dem einen oder andern Bestandtheile oder der Gesammtmilch anzugeben. — So wichtig die Kenntniss der prozentischen Zusammensetzung ist, so ist es doch zur Entscheidung vieler Fragen nicht genügend, zu wissen, wie die Milch zusammengesetzt sei, die man ein oder mehrmals am Tage entnommen hat. Denn da sich unter Tags die Milchzusammensetzung bald regelmässig und bald unregelmässig ändert, so muss man selbstverständlich die ganze tägliche Milch sammeln und eine Portion derselben zerlegen, wenn es sich darum handelt, den Einfluss einer stetigen tagelang fortwirkenden Bedingung auf die Absonderung hinzustellen. Dieses ist nur wenige Male geschehen. — Zur Zerlegung hat fast jeder Beobachter ein anderes analystisches Verfahren gewählt, die sämmtlich mit spezifischen Fehlern behaftet sind; somit sind die Zahlen von verschiedenen Beobachtern nicht miteinander vergleichbar. — Bedenkt man zu Allem, dass die obigen Fragen mehr für die Milchzucht und Ammenwahl als für Aufklärung des Absonderungsvorgangs von Belang sind, so wird man von den folgenden Aufzählungen nicht allzuviel erwarten.

Wir berücksichtigen zuerst die Milch, welche nach dem Gebären geliefert wird.

a. Die aufgeschwemmten Bestandtheile der Milch erscheinen in den ersten Tagen nach der Geburt vorzugsweise unter der Form von Colostrumkörperchen und erst später als Milchkügelchen (Donné, Doutrepont); die Colostrumkörperchen kehren mehr oder weniger zahlreich wieder; wenn sich fieberhafte Zustände des ganzen Körpers einstellen.

b. Der Gehalt der Frauenmilch an Eiweissstoff im Allgemeinen und an Käse insbesondere ist unter gewöhnlichen Verhältnissen von den frühern Beobachtern zwischen 1,0 und 7,1 pCt. gefunden worden; nach Vernois und Becquerel liegt er im Mittel bei 3,92 pCt. — Filhol und Joly, die eine andere analytische Methode befolgten, legen die physiologische Schwankung in die Grenzen von 0,6 bis 2,3 pCt. und das Mittel auf 0,98 pCt. Sollte in der That der Unterschied nur in der Methode begründet sein, so würden alle folgenden Angaben von sehr geringem Werth sein.

Veränderung mit der Nahrung. Hier wäre zu scheiden der Einfluss der Menge und der Art derselben. Beim Menschen zeigte die Art derselben eine nur untergeordnete Bedeutung. Simon sah nach dem Uebergang von einer nothdürftigen vegetabilischen zu einer reichlichen fleischhaltigen Kost den Caseïngehalt der Milch von 3,5, resp. 3,9 pCt. auf 3,7, resp. 4,0 pCt. steigen. Becquerel und Vernois geben den mittleren Gehalt an Caseïn und Extrakten aus 21 Beobachtungen bei mangelhaft gespeisten Frauen zu 3,7 pCt., bei gut gefütterten aber (aus 61 Beobachtungen) zu 4,0 pCt. an. — Da sich die tägliche Milchmenge mit der reichlichen Kost mehrt, so würde auch die tägliche Caseïnmenge damit wachsen.

Nach Peligot stieg der Caseïngehalt der zu derselben Tageszeit entleerten Milch einer Eselin von 1,2, resp. 1,6 auf 2,3, als sie, statt mit Hafer, Kartoffeln oder gelben Rüben, mit rothen Rüben gefüttert wurde. — Bei Kühen bemerkte Boussingault keinen Unterschied weder an Menge, noch an prozentischer Zusammensetzung, mochten sie mit grünem oder trockenem Futter, mit Rüben, Kartoffeln (?) oder Hafer gespeist werden. — Beim Hunde fand Young, dass die Milch der mit Fleisch gefütterten Thiere durch Stehen nicht gerann, und Dumas, dass sie beim Kochen gerann; diese letztere Eigenschaft verschwindet, wenn statt des Fleisches Brod gegeben wird (Filhol, Joly). Beim Kostwechsel ändert sich auch der Prozentgehalt der Hundemilch an Eiweisskörpern; es sanken Eiweissstoffe und Salze von 16,8 pCt. auf 11,4 herab, als von Fleisch zu Brod und Fettsuppen übergegangen wurde (Dumas).

In dem ersten Monat nach dem Gebärakt soll die Milch etwa 1,5 pCt. weniger Caseïn enthalten, als später (Simon). Hiergegen erheben sich die Beobachtungen von Griffith, Vernois und Becquerel.

Wird die Frau während der Milchabsonderung geschwängert, so nimmt der Käsegehalt um etwa 0,5 pCt. gegen den frühern ab (Becquerel und Vernois).

Die Wiederkehr der Menstrualperiode hat keinen oder einen gering steigernden Einfluss in den Zeiten, in welchen sie nicht gerade eingetreten ist; während der bestehenden Menstrualblutung ist dagegen der Caseïngehalt immer verändert, aber bald in auf- und bald in absteigender Linie.

Wird die Brustdrüse rascher hintereinander entleert, so ist die Milch, die sie liefert, reicher an Caseïn, als wenn sie lange Zeit in der Brustdrüse verweilte (Peligot, L'héritier). Eine Frau, welche während mehrmaliger Entleerung des Tags über eine Milch mit 1,4 pCt. gegeben hatte, lieferte, als 40 Stunden lang der Brustdrüseninhalt zurückgehalten war, eine Flüssigkeit mit 0,2 pCt.

Bei der Eselin fand Peligot folgende Zahlen: 1,5 Stunde nach dem vorhergegangenen Melken = 3,5 pCt. Caseïn; 6 Stunden nach demselben = 1,5 pCt. und 24 Stunden nachher = 1,0 pCt. — Die Milch derselben Kühe enthielt bei dreimaligem Melken des Tags 4,5, bei zweimaligem 4,4 pCt. Caseïn (Trommer).

Wird die gefüllte Mutterbrust in einer Sitzung entleert, so ist die Milch, die in den verschiedenen Abschnitten der Mahlzeit entleert wird, ungleich reich an Caseïn, und zwar ist bald die anfänglich und bald die später ausgestrichene die caseïnreichere (Reiset, Vernois und Becquerel), Die Unterschiede sind gering, etwa 0,2 pCt.; vielleicht in Fehlern der Methode begründet (Heynsius). Stark entwickelte Brustdrüsen liefern im Durchschnitt eine Milch mit 0,3 pCt. mehr Caseïn, als schwach ausgebildete. Damit im Zusammenhang steht vielleicht die Erfahrung, dass, wenn die mittlere tägliche Absonderung reichlich und leicht von statten geht, die Milch um etwa 0,4 pCt. reicher an Caseïn sei, als wenn das Gegentheil stattfindet. Für ein und dasselbe Individuum hat dieses, wie es scheint, keine Geltung, vorausgesetzt, dass die Drüse gleich oft entleert wurde. Boussingault fand nämlich die Milch der Kühe gleich reich an Caseïn, gleichgiltig ob sie täglich 3 oder 12 Kannen Milch gaben.

Die Milch der Kuh, welche während der Nacht abgesondert wird, soll mehr Caseïn halten, als die Tagesmilch (Plaifayr). Diess bestreitet Gorup, und Struckmann findet sogar umgekehrt in der den Morgen entleerten Milch um 0,1 pCt. weniger als in der am Abend entleerten Milch. — Diese Unterschiede konnte Wicke an der Ziege nicht bestätigen.

Variabel wurde der Caseïngehalt ferner gefunden mit dem Alter der Säugenden, insofern bei 15- bis 20jährigen die Milch durchschnittlich 5,5 pCt., also mehr als das

Mittel, enthielt, jenseits dieses Termins zeigt sich keine Beziehung zwischen dem Alter uud dem Caseïngehalt (Becquerel und Vernois).

Constitution. Nach Becquerel und Vernois sollen blonde oder rothhaarige Frauen mit weisser Haut und schlaffer Musculatur (schwache Constitution) eine Milch mit 3,9 pCt. Caseïn und Frauen mit dunklem Haar, brauner Haut und lebhaftem Temperament (starke Constitution) eine solche von 2,9 pCt. Caseïn liefern. — Bei Kühen und Schafen prägt sich trotz gleichen Futters u. s. w. der Unterschied der Race in dem Caseïngehalt der Milch sehr bedeutend aus (Becquerel, Vernois, Filhol, Joly). — Frauen, die bei sonst gleich kräftigem Aussehen blondhaarig sind, sollen Milch mit 1,61 pCt. liefern, dunkelhaarige dagegen 2,56 pCt. (L'héritier). — Dieses fanden Becquerel und Vernois nicht bestätigt.

c. Der Buttergehalt beläuft sich im Mittel auf 2,66 pCt.; sein Minimum wurde zu 0,6; sein Maximum zu 8,9 gefunden.

Reichliche Nahrung, gleichgiltig ob sie aus Fleisch oder Brod besteht, mehrt die Butter und kärgliche setzt sie herab; die Unterschiede betragen 2 bis 3 pCt. (Dumas, Simon, Becquerel und Vernois). Die Folge der bessern Nahrung macht sich schon am ersten Tage nach dem Genuss derselben geltend (Simon).

Mütter zwischen 15 und 20 Jahren geben im Allgemeinen etwas butterreichere Milch als ältere (Becquerel und Vernois).

In den ersten 5 Tagen nach dem Gebärakt ist die Milch ärmer an Fett, als in den folgenden 10 Tagen; der Unterschied liegt in der Nähe von 0,5 pCt. In den spätern Monaten zeigt sich kein Abhängigkeitsverhältniss zwischen dem Buttergehalt und der Zeit seit dem Beginn der Absonderung, im Allgemeinen ist aber der Buttergehalt geringer, als in den ersten 5 Tagen.

Wird die Frau während der bestehenden Milchabsonderung geschwängert, so wird der Buttergehalt gesteigert, in den untersuchten Fällen betrug im 3. Schwangerschaftsmonat das Mehr gegen früher 3,0 pCt.

Nicht menstruirte Frauen liefern Milch mit demselben Buttergehalt, wie menstrualfähige in den Zeiten, die zwischen der Blutung liegen; während des Bestehens der letztern wird der Buttergehalt bald auf- und bald absteigend alterirt, die positiven Veränderungen stiegen bis zu 4,5 pCt. (Becquerel und Vernois).

War bei Thieren das Euter seit mindestens 4 Stunden nicht entleert worden, und wurde dann der ausgestrichene Inhalt derselben absatzweise aufgefangen, so ist der zuletzt abgezogene Theil bis zum 10fachen reicher an Fett, wie der zuerst gewonnene (Peligot, Reiset). Man erklärt sich dieses aus dem Aufsteigen des Fettes in den Höhlen des herabhängenden Euters. Beim Menschen finden sich nicht immer (Vernois und Becquerel), aber häufig

ähnliche, wenn auch geringere Unterschiede (Reiset, Heynsius). Der zuletzt genannte Beobachter erklärt sich dieses durch die Annahme, dass in den engern Gängen der Drüse die butterreichere Flüssigkeit aufbewahrt sei.

Die am Abend entzogene Milch ist bis zum Doppelten reicher an Butter, als die Morgenmilch (Gorup, Struckmann, Wicke).

Eine Frau, welche durch den plötzlichen Tod ihres Kindes eine lebhafte Gemüthserregung erlitt, sonderte alsbald eine viel butterreichere Milch ab. — Schwache und starke Constitutionen in dem unter b. genannten Sinne zeigten sich einflusslos, blonde Frauen gaben nach L'héritier eine Milch, die etwa 2 pCt. Butter mehr führen soll, als die Milch dunkelhaariger Mütter. Vernois und Becquerel läugnen dieses. — Die Race der Schafe und Kühe hat einen sehr grossen Einfluss auf den Buttergehalt (Becquerel, Vernois, Filhol, Joly).

d. Die Grenzwerthe des Zuckergehaltes fallen auf 1,2 und 6,0 pCt.; das Mittel liegt bei 4,3. Bei Hunden ist nach Fütterung mit einer reinen Fleischkost der Zuckergehalt zwar sehr verändert (Dumas, Heynsius), aber nicht gänzlich verschwunden (Bensch). — In den ersten 14 Tagen nach dem Gebären ist die Milch nach Simon zuckerreicher, eine Thatsache, welche Vernois und Becquerel nicht bestätigt fanden.

Ob die Frau menstrualfähig sei oder nicht, ist gleichgültig; während der fliessenden Regeln ändert sich der Zuckerwerth auf und ab um je ein Prozent.

Bei absatzweiser Entleerung der Brustdrüsen findet sich in der ersten Portion der ausgesogenen Flüssigkeit 0,2 pCt. Zucker weniger als in der zweiten. — Wenn die tägliche Menge der ausgeschiedenen Milch grösser wird, so nimmt der Zuckergehalt zu.

Ohne Einfluss auf den Zuckergehalt ist das Alter der milchgebenden Frau, die wiederkehrende Schwangerschaft, der Umfang der Brustdrüse. — Die Milch von Frauen mit schwacher Constitution enthielt im Durchschnitt 4,3 pCt., diejenige von Frauen mit starker 3,2 pCt. Zucker. — Dunkelhaarige Frauen geben zuckerreichere Milch als blonde (L'héritier). Dieses läugnen Vernois und Becquerel.

e. Salze. Nach einer von Wildenstein ausgeführten Analyse der menschlichen Milchasche besteht dieselbe in 100 Theilen aus: Na = 4,2; Ka = 31,6; CaO = 18,8; MgO = 0,9; Fe_2O_3 = 0,1; Cl = 19,1; PO_5 = 19,1; SO_3 = 2,6 und einer Spur von Kieselsäure. Eine ähnliche Zusammensetzung trägt nach R. Weber*) und Haidlen auch die Milchasche der Kuh, so dass namentlich der grosse Gehalt an Kalium im Gegensatz zum Natrium ein con-

*) Poggendorf's Annalen. 81. Bd. 402.

stanter zu sein scheint. — Kohlensäure, welche in der obigen Analyse fehlt und wahrscheinlich durch die während der Verbrennung entstandene SO_3 ausgetrieben wurde, ist in der frischen Milch vorhanden (Lehmann), und zwar kann sie, ähnlich wie im Blut, theilweise durch Aenderung des Drucks und theils durch stärkere Säuren abgeschieden werden. — Der mittlere Gehalt der Milch an Asche variirt zwischen 0,05 und 0,3 pCt., so dass sie ungefähr 2 pCt. des trockenen Milchrückstandes ausmacht. Die Abhängigkeit der Veränderungen von den früher aufgezählten Bedingungen ist noch nicht genügend festgestellt, oder es verdienen wenigstens die mitgetheilten Zahlen noch geringes Zutrauen.

f. Wassergehalt. Er schwankt zwischen 80,9 und 94,8 pCt. Das Mittel fällt auf 88,9 pCt. — Die vorliegenden Mittheilungen lassen schon erkennen, dass der Wassergehalt der Milch unter das Mittel fällt bei Frauen zwischen 15 und 20 Jahren, bei schwacher Constitution, in den ersten Tagen nach dem Gebärakt, bei eingetretener Schwangerschaft, bei braunhaarigen Frauen (?), bei sehr guter Nahrung, bei reichlicher Milchabsonderung, und dass er umgekehrt über das Mittel fällt bei starker Constitution, bei Blondhaarigen (?), schlechter Nahrung, beschränkter Milchabsonderung, und dass er während der ausfliessenden Regeln bald über und bald unter den Mittelwerth geht.

Feste Beziehungen im prozentischen Gehalt zwischen den einzelnen Bestandtheilen der Milch sind noch nicht aufgefunden, was Vernois und Becquerel dadurch ausdrücken, dass sie die von ihnen untersuchten Ammen in Caseïn- und Butterammen eintheilen.

Die Zusammensetzung der mittlern Frauenmilch in 100 Theilen würde sich nach Vernois und Becquerel folgendermaassen ausnehmen: Wasser = 88,91; Zucker = 4,36; Käse und Extrakte = 3,92; Butter = 2,67; Asche = 0,14. Nach Scherer und Clemm aber: Wasser = 89,10; Zucker und Extrakte = 3,85; Käse = 3,37; Butter = 3,71; Asche = 0,17.

Um zu bestimmen, ob die Milch, welche kranke Säuglinge genossen, an dem Uebel dieser letzteren schuldig oder unschuldig sei, analysirten Becquerel und Vernois die betreffende Milch und fanden eben so häufig Abweichungen von dem Mittel, als ein Bestehen desselben. Daraus wird es allerdings wahrscheinlich, dass etwas mehr oder weniger des einen oder andern Bestandtheils nicht die Ursache des Leidens der Säuglinge war. Viel eher dürften die nicht untersuchten und bis dahin auch nicht untersuchbaren qualitativen Unterschiede der einzelnen Bestandtheile anzuklagen sein.

Aus der Nahrung gehen in die Milch über die ätherischen Oele des Knoblauchs, des Anis und der Cruciferen, der Bitterstoff des Absynth etc.; von mineralischen Bestandtheilen Jod (sehr langsam, aber es haftet lange) (Lewald), Wismuth, Arsenik, Antimon, Blei, Zink, Eisen, Quecksilber. Siehe hierüber Lewald und Harnier *).

Nach Wasserinjectionen in das Blut enthält die Milch viel Eiweiss (Eckhard).

Die Milch **), oder besser gesagt der Drüsensaft, welcher während der Schwangerschaft, also vor der Geburt, abgesondert wird, muss den Angaben von Lassaigne, Simon, Clemm und v. Bueren zufolge im Ansehen und der Zusammensetzung in verschiedenen Fällen sich sehr abweichend verhalten. Wir wiederholen hier zuerst den Inhalt der Beobachtungen von Scherer und Clemm und lassen die abweichenden Angaben folgen. Nach diesen ist die aus der menschlichen Brustdrüse gewonnene Flüssigkeit von seifenwasserartigem oder gelblichem Ansehen, zuweilen mit Blutstreifen durchzogen, klebrig, reagirt fast neutral und wird beim Stehen an freier Luft bald sauer. Das Mikroskop wies Colostrumkügelchen und Fetttropfen, zuweilen veränderte Epithelialzellen nach. Caseïn fehlt, seine Stelle wurde durch Eiweiss vertreten. Die Zerlegung ergab bei derselben Schwangern:

	28 Tage vor der Geburt.	18 Tage vor der Geburt.	11 Tage vor der Geburt.	4 Tage vor der Geburt.	1 Tag v. der Geb.***).	1 Tag nach der Geburt.
Wasser	85,20	85,17	85,18	85,85	87,05	84,29
Butter	4,13	3,02	2,35	}	3,10	}
Milchzucker u. Weingeist-extrakte	3,94	4,37	3,64	} 14,81	4,83	} 15,89
Albumin	6,79	7,37	7,91	}	5,16	}
In Wasser lösliche Salze	0,33	0,34	0,38	}		}
In Wasser unlösliche Salze	0,11	0,11	0,16	}		}

Am zweiten Tage nach der Geburt war erst das Eiweiss verschwunden und der Saft hatte die Eigenschaften der Milch angenommen. Eine Vergleichung der einzelnen Tage lehrt, dass bis zur Geburt, den letzten wegen der Nahrung nicht mehr vergleich-

*) Harnier, quaedam de transitu medicamentorum in lac. Marburg 1847. — Lewald, Untersuchungen über den Uebergang von Arzneimitteln in die Milch. Breslau 1857. — Späth und Schauenstein. Zeitschrift der Wiener Aerzte 1859.

**) Simon, Mediz. Chemie. II. Bd. 280. — Clemm, l. c. — v. Bueren, Onderzoekingen gedaan in het physiologisch Laboratorium etc. 1848—49. 166. — Moleschott, Archiv für physiolog. Heilkunde. XI. Bd. 696.

***) Die gewöhnliche Kost war am Tage vorher mit einer vegetabilischen vertauscht worden.

baren Tag ausgenommen, die Butter im Abnehmen und das Eiweiss im Steigen begriffen war; Zucker, Salze und Wasser variirten dagegen wenig, oder mindestens ohne Regel. — Van Bueren fand den Drüsensaft stark alkalisch, gelblich, eiweissfrei und dafür caseïn- und stark fetthaltig, und neben den Colostrumkügelchen mit feinkörnigem Fett erfüllte Epithelialzellen. — Simon, welcher den Drüsensaft der Eselinnen untersuchte, erhielt 14 und 8 Tage vor der Geburt eine Flüssigkeit, welche Albumin, Caseïn, Butter und nur Spuren von Zucker enthielt. — Die Säfte des Kuheuters schliessen sich nach den Beobachtungen von Lassaigne, Moleschott und Clemm an die der menschlichen Brustdrüsen, insofern sie nur Eiweiss und kein Caseïn führen, dagegen waren sie sehr rahmhaltig.

Fast alle Neugeborenen*), männliche und weibliche, sondern aus der Brustdrüse einige Tage nach der Geburt einen Saft, die Hexenmilch, ab. Sie erscheint meist am 4. Tag nach der Geburt, erreicht am 8. ihr Maximum und ist nur noch selten nach Verfluss eines Monats zu finden. Die Hexenmilch enthält nach Schlossberger und Guillot Milchkügelchen und nach Donné auch Colostrumkörperchen. Schlossberger, der ein solches Produkt analysirte, fand in 100 Theilen Wasser = 96,75; Fett = 0,82; Caseïn, Extrakte und Zucker = 2,38; Asche = 0,3. Sie verhält sich nach diesem Analytiker wie gewässerte Milch. Quevenne zerlegte ein Produkt, das reicher an festen Stoffen war.

Bei erwachsenen Männern**) und männlichen Säugethieren stellt sich in sehr seltenen Fällen ohne nachweisbare Ursachen Milchabsonderung ein. Schlossberger zerlegte die Milch eines Bockes; diese war um einige Prozent reicher an Caseïn und um so ärmer an Milchzucker und Butter, als es die Ziegenmilch nach den vorliegenden Untersuchungen von Chevalier, Clemm und Henry ist.

3. Die Absonderungsgeschwindigkeit der einzelnen Milchstoffe ist unabhängig von einander, wie sie sich aus der relativen Zusammensetzung der Milch ergiebt. Das Maass der täglich abgesonderten Gesammtmilch nimmt bei Kühen bekanntlich von der Niederkunft an bis zum ersten Monate nach derselben zu und von da an in den folgenden Monaten ab bis unter das Quantum, welches das Thier unmittelbar nach dem Gebären gab. Zahlenbelege für diese alte Erfahrung giebt Boussingault. — Es scheint ferner, als ob die Menge der Absonderung in Beziehung stehe zur Häufigkeit der Brustentleerung. Jedenfalls wird der Milchfluss bei Frauen unterdrückt, wenn das Kind aufhört zu saugen. Dazu behauptet

*) Scanzoni, Würzburger Verhandlungen. II. Bd. p. 300. — Schlossberger, Liebig's Annalen. 87. Bd. 324. — Natalis Guillot, Gazette médicale 1853. p. 686. — Van Bueren, l. c. p. 153.

**) Schlossberger, Liebig's Annalen. 51. Bd. — Donders, Onderzoekingen gedaan in het Laboratorium etc. 1848—49. p. 153. Todd, Cyclopaedea. Artikel Secretio. IV, 465.

man auch, dass die Milch reichlicher werde, wenn das Kind häufiger sauge. Das Saugen könnte übrigens auch durch etwas Anderes als die blosse Entleerung der Drüse wirken, was wahrscheinlich wird im Hinblick auf die Fälle, in welchen die monatelang unterdrückte Absonderung durch Saugen wieder erweckt werden konnte Gubler) *). — Die stockende Absonderung kann ferner wieder in Gang gebracht werden, wenn man öfter durch feuchte oder trockene Elektroden mehrere Minuten hindurch die Schläge eines Inductionsapparates auf die Drüse wirken lässt (Auber, Becquerel) **). — Die Milch bleibt weiter aus, wenn die Drüse durch einen Druckverband zusammengepresst wird. — Eine genaue Zergliederung verdient auch der Fall von plötzlicher Milchstockung in fieberhaften Krankheiten u. s. w.

Nach Bestimmungen mit einer Saugpumpe schätzt Lamperièrre ***) die tägliche mittlere Milchmenge aus beiden Brüsten auf 1350 Gr.

4. Milchbereitung. Ueber die Formfolge †) bei der Entwickelung der Milchkügelchen ist uns Einiges durch Henle, Nasse, Will, H. Meyer, van Bueren und Reinhardt bekannt geworden. Macht man die Voraussetzung, dass die Bildung aller geformten Massen nur von der Drüsenwand ausgeht, so ist als feststehend anzusehen, dass die Colostrumkörperchen aus dem umgewandelten Inhalt der Deckzellen des Drüsenbläschen hervorgehen. Denn an der strukturlosen Wand derselben liegen zur Zeit der Colostrumabscheidung zunächst kleine Zellen an, welche nach der Terminologie der Cytoblastenhypothese als Kerne bezeichnet werden; auf diesen ruhen grössere kernhaltige Zellen auf, deren Binnenraum zum Theil mit durchsichtigen, zum Theil mit Fetttröpfchen gefüllt ist; diese letzteren sind in eine körnige Zwischensubstanz eingebettet und um den Kern herum gruppirt. Noch weiter gegen das Centrum des Drüsenbläschens liegen Häufchen von Fetttröpfchen, welche, zusammengehalten durch eine körnige Zwischensubstanz und von keiner gemeinsamen Zellenhaut mehr umgeben, ganz das Ansehen der Colostrumkörperchen tragen. Zuweilen soll sich in der Mitte eines solchen Häufchens noch ein

*) Valentin, Jahresbericht für 1852. 221.

**) Meissner's Jahresbericht für 1856 p. 359 und für 1857 p. 383.

***) Lehmann, Physiologische Chemie. II. Bd. p. 338 und 326.

†) H. Meyer, Züricher Mittheilungen. 1849. I. Bd. 2. Heft. p. 70. — Will, Ueber Milchabsonderung. Erlangen 1850. — Van Bueren, l. c. — Reinhardt, Virchow's Archiv. I. Bd. p. 52 u. f.

Gebilde mit den optischen Eigenschaften des Zellenkerns vorfinden; in den grösseren Gängen endlich, wohin die Drüsenbläschen ihren Inhalt entleert haben, sind die Häufchen zerfallen, und es liegen die einzelnen Fetttröpfchen oder Milchkügelchen frei in der Flüssigkeit. Diese Reihenfolge von Formen findet sich aber nur zur Zeit der Colostrumabsonderung und in den Brüsten der Neugeborenen, keineswegs aber in der milchgebenden Frauenbrust (Reinhardt)**), so dass es daraus wahrscheinlich wird, es möchten die Milchkügelchen auch noch unter einer andern Formfolge entstehen.

Eine Vergleichung der Blut- und Milchstoffe zeigt sogleich, dass der Milchzucker in der Drüse entstanden sein muss, weil er selbst dann noch, obwohl vermindert, in der Milch beobachtet wird, wenn sich die Säugenden jeder Art von Zucker- und Mehlnahrung enthalten. und weil auch in den an andern Orten des Thierleibes (Leber, Muskeln) bereiteten Zuckerarten kein Milchzucker vorhanden ist. Jedenfalls wird jedoch seine Entstehung begünstigt durch den Genuss von Amylaceen. — Ob das Caseïn und die Fette aus dem Blut abgesetzt oder in den Drüsen enstanden sind, muss einstweilen dahin gestellt bleiben. Geschähe das erstere, so würden in der Drüse jedenfalls auch noch andere chemische Produkte bei der Umsetzung der Blutbestandtheile in Fette u. s. w. abfallen, die dann in das Blut zurückkehrten. — Für einen innigeren Zusammenhang zwischen der Fettbildung im Gesammtkörper und der Butterausscheidung spricht die den Landwirthen bekannte Thatsache, dass Kühe, welche eine butterreiche Milch liefern; trotz guten Futters mager bleiben, und umgekehrt, dass die Milch bei eintretender Mästung mager bleibt.

Die Milchbildung kann ungestört vor sich gehen, auch ohne Zuthun der Intercostalnerven, wie die Durchschneidungsversuche von Eckhard beweisen. Da aber die Absonderung beschleunigt wird durch elektrische Schläge auf die Brust selbst (und durch das reflektorisch wirkende Saugen?), so ist die Betheiligung von contraktilen Elementen nicht zu bestreiten. Ihr Antheil an der Milchbildung könnte sich aber beschränken auf die Erzeugung von Spannungsunterschieden zwischen dem Blutstrom und dem Drüseninhalt, eine Vermuthung, die man auszusprechen wagt, weil die Anhäufung der Milch in der Drüse, resp. die steigende Spannung des Inhalts ihrer Gänge einen störenden Einfluss auf die Absonderung übt.

*) l. c. p. 61.

5. Die Ausstossung der Milch kann geschehen durch die Kräfte, welche sie in die Gänge treiben, und sie kann beschleunigt werden durch die Muskeln, welche in der Haut und dem Bindegewebe der Brustdrüse liegen. Meist geschieht dieses aber nicht, so dass nur durch Aussaugen die Entleerung zu Stande kommt.

6. Die Milchdrüse des Neugeborenen ist aus mehreren flaschenförmigen Höhlen zusammengesetzt, die sich nach aussen auf dieBrustwarze öffnen; die einzelnen Flaschen entsprechen den späteren grösseren Ausführungsgängen. Bis zur eintretenden Pubertät gehen beim weiblichen Geschlecht aus den blinden Enden allmählig die ersten Anlagen der Drüsenbläschen hervor, die während der eingetretenen Pubertät, namentlich aber zur Zeit der ersten Schwangerschaft, ihre volle Ausbildung erlangen. Nach dem Schluss der Menstruationsfähigkeit schwinden die Drüsenbläschen wieder, so dass in dem höheren Alter an ihre Stelle ein fetthaltiges Bindegewebe getreten ist (Langer)*). Die Ausbildung der Drüse und der andern weiblichen Geschlechtswerkzeuge muss aber bekanntlich nicht nothwendig gleichläufig sein, da Mütter mit mangelhaft entwickelten Brustdrüsen gerade nicht zu den Seltenheiten zählen.

Athmung.

Einleitung.

Alle thierischen Flüssigkeiten enthalten Luftarten, und die Grenzen des thierischen Körpers sind entweder dauernd und überall (Haut und Lungen) oder nur zeit- und theilweise (Darmkanal) mit Luft umzogen. Zwischen den Gasen der einzelnen Flüssigkeiten sowohl als auch zwischen ihnen und der umgebenden Luft findet ein steter Austausch statt. Diesen Luftwechsel zwischen den thierischen Flüssigkeiten nennt man die innere, den zwischen den letzteren und der Umgebung die äussere Athmung. Beide Vorgänge sind so innig mit einander verknüpft, dass der mittlere Umfang des Verkehrs an permanenten Gasen in beiden, wenn auch nicht immer gleich, doch wenigstens immer proportional ist. Dieses rührt daher, weil das Gas, welches die äussere Athmung in das Blut führt, und von dort in die beim inneren Gasaustausch betheiligten Flüssigkeiten geht, hier sich verändert und dann ganz oder theilweise wieder in den äusseren Luftraum zurückkehrt. Die so eben geschilderte Beziehung erklärt und verlangt die Eigenthümlichkeit,

*) Denkschriften der k. Akademie der Wissenschaften in Wien. III. Bd.

dass an allen athmenden Orten zwei Gasströme in entgegengesetzten Richtungen gehen, einer aus der Luft in das Gewebe und ein anderer von dem letztern zu der erstern. Wegen der geringen Kenntniss der innern Athmung lohnt es sich nicht, ihr einen eigenen Abschnitt zu widmen; die wenigen auf sie bezüglichen Erfahrungen sollen an passenderem Orte eingepflochten werden.

Aeussere Athmung.

Die Gase, welche im normalen thierischen Leben durch die Flächen, welche Blut und Luft trennen (durch die Athmungsflächen) strömen, sind Sauerstoff, Kohlensäure, Stickstoff, Wasserdampf und in sehr geringen Mengen Wasserstoff und Ammoniakdampf. Die Bewegung der CO_2 und des Wasserdampfes ist vom Blut zur Luft, die des Sauerstoffs umgekehrt gerichtet; das N-gas kann je nach Umständen bald nach der einen und bald nach der andern Richtung gehen.

Diese Luftströmungen von und zu dem Blut bestehen während der ganzen Lebensdauer; daraus entspringt die Forderung eines stetigen Vorraths und eines stetigen Vergehens der Gasarten in dem einen und dem andern Raume; in der That sind auch hiezu Mittel genug vorhanden; dahin zählen: die ungeheure Ausdehnung der irdischen Luft und die stetige Reinigung derselben von CO_2 und Wasserdampf, die stets fortgehende Entstehung von CO_2 in den thierischen Geweben aus dem C der Nahrungsmittel und dem O der Luft, der wiederkehrende Genuss von Wasser, der Unterschied der Temperatur und der Wechsel von Luft und Blut in und auf den Athmungsflächen.

Da diese Bedingungen für die Beschleunigung der Luftströmung allen verschiedenen Athmungs- oder Respirationswerkzeugen gleichmässig zu Gute kommen, so werden wir hier sogleich im Allgemeinen auf sie eingehen.

Der Luftkreis.

Bis zu einer endlichen, wenn auch nicht gemessenen Höhe, wird der Raum um unsere Erde, wie bekannt, ausgefüllt durch ein Gemenge permanenter und compressibler Gasarten, unter denen für unsern Zweck N, O, CO_2, HO-gas zu nennen sind. Diese Gasarten äussern unter den Bedingungen ihres Aufenthaltes in der Atmosphäre keine Verwandschaft zu einander, und somit üben sie, wenn sie in den statischen Zustand gelangt sind, auch

keinen gegenseitigen Druck aus*); man könnte sagen, jeder einzelnen Gasart sei die Gegenwart der andern vollkommen gleichgiltig. Wir würden also in der Luft mehrere vollständig von einander unabhängige Atmosphären zu betrachten haben. Wir behandeln aber des mannigfach Uebereinstimmenden wegen die Luftkreise von Stick- und Sauerstoff gemeinsam, die von CO_2 und Wasserdampf dagegen gesondert.

1. Stickstoff- und Sauerstoffatmosphäre. Die aus diesen beiden Luftarten gebildeten Atmosphären können gemeinsam betrachtet werden, weil sie sich in ihren gegenseitigen quantitativen Verhältnissen kaum ändern. Der Sauerstoffgehelt der Luft ist allerdings nach Regnault**) und Bunsen veränderlich; aber die Schwankungen seines prozentischen Werthes sind für unsere Bedürfnisse nicht in Anschlag zu bringen; sie liegen zwischen 21,0 und 20,9.— Der atmosphärische Sauerstoff erfährt dagegen sehr häufig eine quantitative Veränderung, indem er sich in Ozon umwandelt (Schönbein). Diese Veränderung erstreckt sich allerdings auf einen nur sehr kleinen Antheil der Luft, denn es kommen in 100 Ltr. Luft nur zwischen 0,01 bis 0,002 Milligramm Ozon vor (Pless, Pierre, Zenger)***), aber dennoch ist sie von Bedeutung für das Wohlbefinden des Menschen.

Da die quantitative Bestimmung des Ozons sehr umständlich ist, so hat man sich zunächst begnügt, sein Wachsen und Sinken in der Atmosphäre zu schätzen. Hierzu bedient sich Schönbein eines mit Jodkalium getränkten Stärkepapierchens. Je tiefer sich dieses der freien Luft ausgesetzte Probepapierchen in der Zeiteinheit färbt, um so reicher ist die Luft an Ozon. Nach Beobachtungen, welche auf den Sternwarten von Bern, Kremsmünster und Krakau durch Wolff, Relshuber und Karlinski unternommen sind, ist man über den relativen Ozongehalt zu folgenden Sätzen gelangt: bei östlichen Winden ist er kleiner, als bei westlichen; im Winter ist er bei östlichen Winden grösser, als im Sommer; umgekehrt verhält es sich mit westlichen Winden, die im Sommer mehr Ozon erzeugen, als im Winter. Bei hohem Barometerstand ist der Ozongehalt kleiner, als bei niederem, bei hoher Temperatur kleiner, als bei tiefer; an feuchten und trüben Tagen grösser, als an trockenen und heitern; bei Regenwolken grösser, als bei Cirrus und Circocumulus; in der Nacht höher, als bei Tag. Während Schneefalls erreicht er sein Maximum. Der Werth dieser Angaben wird sehr beschränkt durch die übereinstimmenden Versicherungen von Cloëz, Houzeau, Berigny, Pierre, Pless, Zenger u. s. w., dass die Jodstärkepapierchen ein sehr unsicheres Prüfungsmittel seien. Dagegen scheinen sich glücklicher Weise die Angaben von Cloëz nicht bestätigt zu haben, welcher den Angaben des Jodstärkepapierchens alle Glaubwürdigkeit absprach. Siehe hierüber Bineau, Bechamp,

*) 1. Bd. p. 60.

**) Annales de chimie et physique. 3me Série. 36. Bd. (1852).

***) Wiener akadem. Berichte. XXII. 211. und XXIV. 78.

Scoutteten *). — Andere die Stärkepapierchen ersetzende Methoden haben vorgeschlagen Pless, Houzeau u. s. w. Die einfachste besteht darin, dass man ein saures Lakmuspapier mit Jodkalium tränkt; das mit Hilfe des Ozons freigemachte KO bläut das Papierchen **).

Die Stick- und Sauerstoffantheile der Gesammtluft machen den grössten Theil derselben aus und überwiegen namentlich die andern permanenten Gase des Luftraums in einem solchen Grade, dass man den Stick- und Sauerstoff mit der trockenen Atmosphäre für gleichbedeutend erklären kann. Unter dieser letztern versteht man aber den Theil der Luft, welcher übrig bleibt, wenn man den Wasserdampf von der Gesammtluft abgezogen hat.

Spannung und Wärme der trockenen Atmosphäre erfahren mit Zeit und Ort mancherlei Veränderungen, die beide für uns nicht ohne alle Bedeutung sind. Da wir aber die Temperaturverhältnisse der gemässigten Zone nach ihren wesentlichen Charakteren als bekannt voraussetzen können, so gehen wir nur auf die Druckänderungen der trockenen Luft ein, welche das Barometer sichtbar macht.

Der Barometerdruck der gemässigten Zone ist veränderlich ***): 1) mit den Tageszeiten (täglicher Sonnengang). Dove zeigte, dass sich der Druck der trockenen Atmosphäre zwischen einem täglichen Maximum und Minimum bewegt, deren Eintritt vom Gang der Sonne abhängig ist. Das Minimum ercheint in Folge der Erwärmung (Ausdehnung und seitliches Abströmen), das Maximum in Folge der Abkühlung der Luft (Verdichtung und seitliches Zuströmen). Der Werth des Unterschiedes ist mit der Breite, den Jahreszeiten u. s. w. verschieden; da er in der gemässigten Zone höchstens nur wenige Zehntheile einer Linie beträgt, so gehen wir nicht weiter auf ihn ein. — 2) Mit den Jahreszeiten (jährlicher Sonnengang); im Sommer ist der mittlere Barometerstand etwas niederer als im Winter, entsprechend den Wärmeunterschieden und den daraus folgenden Verdichtungen und Verdünnungen der Luft. In unserem Klima fällt das Maximum auf den Januar, das Minimum auf den August. Der Unterschied beträgt etwa 3 MM. — 3) Mit den Winden (Temperaturunterschiede des Erdballs); diese Schwankungen sind bei uns weitaus die bedeutendsten, Südwest bringt den niedrigsten, Nord den höchsten Barometerstand. Da die Temperatur- und Windbewegungen im Winter viel unruhiger als im Sommer sind, so kommen dort auch die grössten Schwankungen des Barometerstandes vor; in unsern Gegenden geht der Unterschied höchsten und niedrigsten Standes im Winter bis zu 29 MM., im Sommer aber nur bis zu 13 MM. — 4) Endlich ist der Druck variabel mit der senkrechten Höhe des Beobachtungsortes über dem Meeresspiegel; wir brauchen nur an das bekannte Faktum zu erinnern, dass der Druck mit dem Aufsteigen in einer geometrischen Proportion abnimmt.

---

*) Compt. rend. Bd. 43. p. 38 — p. 162 — p. 388 — p. 216.

**) Compt. rend. Bd 45. p. 873. — Bd. 46. p. 670.

***) Kämtz, Lehrbuch der Meteorologie. 2. Bd. p. 230. — Dove, Repertor. IV. Bd. p. 232. — Kämtz im Handwörterbuch der Physik vom August u. s. w. Berlin 1842. I. Bd. 246.

2. Kohlensäure*). Der geringe Gehalt des Luftraums an Kohlensäure soll nach Saussure Schwankungen unterworfen sein; so soll insbesondere auf hohen Berggipfeln, in der Nacht, über gefrorenem Boden mehr CO_2 vorkommen, als in der Ebene, bei Tag und über feuchtem Boden. Boussingault bestreitet den Unterschied in der Tag- und Nachtluft. Eine Bestimmung der CO_2 in den bevölkertsten Strassen von Paris, in welchem täglich ungefähr 3 Millionen Cubikmeter CO_2 entwickelt werden, gab für 100 Theile Luft im Mittel = 0,032 pCt. und gleichzeitige Beobachtungen auf dem Lande 0,030 pCt., also keinen Unterschied. Die Grenzen, in welche Saussure und Boussingault den prozentischen Gehalt eingeschlossen fanden, liegen zwischen 0,03 und 0,05.

3. Wasserdampf. Der in der Atmosphäre zerstreute Wasserdampf muss den Forderungen der Theorie gemäss mit Zeit und Ort sehr beträchtlich wechseln, theils wegen der ungleichen Vertheilung des Wassers über die Erdoberfläche, aus welcher der Wasserdunst seinen Ursprung nimmt, theils auch wegen der veränderlichen Temperatur, welche das Fassungsvermögen des Luftraums für den Wasserdunst bestimmt. Das erstere ist an und für sich klar, wir wenden uns also sogleich zur Abhängigkeit der Dunstmenge von der Wärme.

Der Wasserdampf kann wie alle Gasarten durch einen Druck, welcher die Theilchen desselben zusammenpresst, zu einer Flüssigkeit verdichtet werden, und der Druck, der hierzu nöthig ist, muss grösser und grösser werden, wenn die Temperatur des Dampfes ansteigt. Dasselbe kann man auch so aussprechen, dass die Dichtigkeit des Wasserdunstes (die Zahl seiner Theilchen in der Raumeinheit) um so grösser werden könne, je wärmer derselbe sei. Und weil mit der Dichtigkeit des Wasserdampfes auch die abstossenden Kräfte zunehmen, welche zwischen seinen Theilchen wirksam sind, also die Drücke steigen, welche er auf seine feste oder flüssige Umgebung auszuüben vermag, so drückt man die vorgeführte Erfahrung gemeiniglich dahin aus, dass die Spannkräfte (Tensionen) des Wasserdampfes durch die Wärme vermehrt werden. Zieht man nun den andern bekannten Satz zu Hülfe, dass von mehreren in einem beliebigen Raume zerstreuten Gasarten nur die gleichartigen Theilchen einen Druck auf einander ausüben, so kommt man sogleich zu der Ableitung, dass mit der Temperatur (oder den Spannkräften) die in der Raumeinheit enthaltene Dampfmenge (die Dichtigkeit des Dampfes) steigen müsse. Denn in dem Luftraum sind ja keine andern zusammenpressenden Kräfte zur Umwandelung des Dampfes in Wasser vorhanden, als diejenigen, welche durch die anwesenden Wasserdünste eingeführt wurden.

Demnach würde man mit Hülfe der in den Lehrbüchern der Physik gegebenen Spannungstabellen des Wasserdampfs**) für jede

*) Th. de Saussure, Poggendorf's Annalen. 19. Bd. — Boussingault, Annales de chimie et physique. 3me Série. X. Bd. 456. — Boussingault und Lewy, ibid. 470.

**) J. Müller, Lehrbuch der Physik. 4. Aufl. II. Bd. p. 490 u. f.

beliebige Temperatur der Luft den Dampfgehalt der letztern anzugeben im Stande sein, wenn in der That die Luft immer mit Wasser gesättigt wäre. Dieses ist aber nicht der Fall, theils weil die Verdunstung des Wasser langsam vor sich geht, und theils weil Winde häufig die feuchte Luft wegführen (z. B. in die höhern Regionen) und durch trockene ersetzen. Aus diesem Grunde müssen wir rücksichtlich des Dampfgehaltes der Luft unterscheiden: die absolute und die relative Dampfmenge. Unter der letztern verstehen wir das Verhältniss zwischen dem wirklich vorhandenen Dunst und demjenigen, welchen die Luft bei der gegebenen Temperatur zu fassen vermöchte.

a) Die absolute Menge des atmosphärischen Wasserdampfs wechselt mit der Meeresnähe, der Bodenerhebung, der Tages- und Jahreszeit und den Winden. 1) Am Meeresufer steigt dieselbe von der kältesten Stunde des Tages allmälig bis zu der wärmsten Stunde und senkt sich von da an wieder ab (Dove). — 2) Im ebenen Binnenland steigt sie dagegen von Sonnenaufgang an bis gegen Mittag, dann nimmt sie bis zum Abend hin ab, steigt abermals im Beginn der Nacht und sinkt dann bis zum Sonnenuntergang. — Der Grund der Verschiedenheit beider Lokalitäten ist darin zu suchen, dass, wenn am Mittag die erwärmten untern Luftschichten aufsteigen, in der Meeresnähe die weggehenden feuchten Luftmassen ersetzt werden durch andere feuchte, welche vom Meere her eindringen, während in den Binnenländern statt ihrer trockene Luft eingeschoben wird. Darum kann am Nachmittag der Wasserdampf erst wieder zunehmen, wenn der aufsteigende Luftstrom an Mächtigkeit verloren hat. — 3) Auf hohen Bergen fehlt desshalb wieder das Sinken um Mittag, weil zu dieser Zeit der aufsteigende Strom die Feuchtigkeit aus der Ebene emporführt (Kämtz, Saussure). — 4) Im Juli ist die mittlere tägliche Dampfmenge während des Jahres am höchsten, im Januar am niedrigsten. Dieser Unterschied ist in der Nähe der Küsten hervortretender, als im Innern der Continente. — 5) Bei Ostwinden im Winter ist die Dampfmenge am niedrigsten, bei Südwestwinden im Sommer am höchsten. Die Unterschiede, die der Nord- und Südwestwind herbeiführen, sind im Winter weniger bedeutend gefunden worden, als im Sommer (Daniel).

b) Die relative Menge des Dampfs. 1) Das stündliche Mittel der relativen Menge des Wasserdampfs in der Ebene ist Mittags am geringsten, bei Sonnenaufgang am grössten; diese Unterschiede treten weniger im Winter als im Sommer hervor. — 2) Die relative Dunstmenge ist auf hohen Bergen meist geringer als in der Ebene (Kämtz). — 3) Im Juli und August ist die Luft relativ trockener, als im Januar. — 4) Bei Nord- und bei allen Ostwinden (Süd- bis Nordost) ist die relative Feuchtigkeit geringer, als bei Süd- und Westwinden.

Vergleicht man, wo und wann die absolute und relative Luftfeuchtigkeit am grössten und kleinsten sei, so findet man sogleich, dass meist die Luft relativ um so trockener ist, je mehr Wassergas (nach absolutem Maass gemessen) sie enthält. Diese Bemerkung wird uns mehrfach von Wichtigkeit sein. — Beispielsweise geben wir noch einige Tabellen, welche dem Werke von Kämtz entnommen sind; in ihnen ist der prozentische Wassergehalt der Luft durch eine nach MM. gemessene Quecksilbersäule, also durch die Spannung ausgedrückt, die der in ihr enthaltene Wasserdunst

ausübt. Um aus dieser Angabe das Gewicht des Wasserdampfs zu finden, welcher in der Raumeinheit Luft enthalten ist, dienen die an vielen Orten mitgetheilten Feuchtigkeitstabellen *). Die unter der Columne „relative Dampfmenge" stehenden Zahlen geben die Prozente an, welche die wirklich vorhandene Dampfmenge von der ausmacht, welche bei der bestehenden Temperatur hätte vorhanden sein können.

I. Tabelle.

Tageszeit.	Zürich.		Faulhorn.	
	Absolute Dampfmenge.	Relative Dampfmenge.	Absolute Dampfmenge.	Relative Dampfmenge.
Mittag	10,92 MM.	58,9 %	4,88 MM.	73,4 %
4 h	10,97 „	60,9 „	4,94 „	80,8 „
8 h	11,35 „	76,3 „	4,01 „	76,1 „
Mitternacht	10,94 „	85,3 „	3,72 „	73,7 „
4 h	10,56 „	90,0 „	3,50 „	72,1 „
8 h	11,12 „	76,9 „	3,79 „	69,8 „

II. Tabelle. Beobachtungsort Halle.

Monat.	Absolute Dampfmenge.	Relative Dampfmenge.
Januar	4,51 MM.	85,0 %
Februar	4,75 „	79,9 „
März	5,11 „	76,4 „
April	6,25 „	71,4 „
Mai	7,84 „	69,1 „
Juni	10,84 „	69,7 „
Juli	11,62 „	66,5 „
August	10,70 „	66,1 „
September	9,56 „	72,8 „
Oktober	7,87 „	78,9 „
November	5,64 „	85,3 „
Dezember	5,60 „	86,2 „

III. Tabelle. Beobachtungsort London.

Winde.	Absolute Dampfmenge.			
	Winter.	Frühjahr.	Sommer.	Herbst.
NO	5,01 MM.	7,10 MM.	10,36 MM.	8,53 MM.
SO	6,86 „	9,77 „	13,76 „	10,79 „
SW	8,17 „	9,37 „	13,83 „	11,67 „
NW	6,14 „	7,56 „	11,45 „	8,67 „

4. Der Einfluss, den diese Veränderungen auf die Athmungen im Allgemeinen üben, gestaltet sich folgendermaassen. — a) Den Druckschwankungen der trockenen Atmosphäre (nicht aber des

*) Müller's Lehrbuch der Physik. 4. Aufl. 2. Bd. p. 699.

Wasserdampfs) entsprechend, wird die Dichtigkeit des im Blut diffundirten Sauerstoff- und Stickstoffgases sich mehren oder mindern nach dem bekannten Grundsatz, dass sich der Druck ausgleicht zwischen zwei Antheilen eines gleichartigen Gases, von denen der eine in der Flüssigkeit absorbirt ist und der andere frei darüber steht. Ob diese geringen atmosphärischen Dichtigkeitsänderungen für die Athmung des N-gases von namhafter Bedeutung sind, ist zweifelhaft. Für den absorbirten O könnte sie es nur insofern sein, als dadurch die Geschwindigkeit beeinflusst wird, mit welcher derselbe aus dem Luftkreis zu den Blutkörperchen kommt. — b) Da in der freien Luft die CO_2 nur unwesentliche Veränderungen erfährt, so wird die Dichtigkeit der atmosphärischen die der im Blut diffundirten CO_2 nicht wesentlich ändern. Da nun aber unzweifelhaft ein grosser Theil der verdunstbaren CO_2 des Blutes nicht bloss diffundirt, sondern durch irgendwelche andre Hilfen verdichtet ist, so wäre es wenigstens denkbar, dass der Barometerdruck der Gesammtluft von Bedeutung ist für die Geschwindigkeit, mit der diese CO_2 verdunstet. — c) Der Wasserdampfgehalt, die Temperatur und die Gesammtspannung (Barometerstand) der Atmosphäre werden sich sämmtlich geltend machen für die Verdunstung des Wassers. Was zunächst den Dampfgehalt der Atmosphäre anlangt, so ist seine Bedeutung für den Wasserverlust bei der Athmung verschieden, je nachdem die Luft, in welcher die Verdunstung geschieht bei der Athmung auf die Normaltemperatur des menschlichen Körpers gebracht wird, oder ob sie diejenige der Atmosphäre behält. Im ersten Fall, der sich z. B. mit der in die Lungen aufgenommenen Luft ereignet, wird um so mehr verdunsten können, je geringer der absolute Wassergehalt der eingenommenen Luft ist, also ceteris paribus am meisten im Winter, bei Sonnnaufgang, auf hohen Bergen, bei Nordostwind. Dieses bedarf keiner Erläuterung; weil die Luft in der Lunge auf etwa 36° C. erwärmt und nahezu für diese Temperatur mit Wasserdampf gesättigt wird, also muss die vorher trockenere Luft mehr Wasser ausführen, als die früher feuchtere. — Gerade umgekehrt verhält sich dagegen der Wasserverlust beim Hautathmen; dieser wird um so bedeutender sein, je grösser die Capazität der umgebenden Luft für Wasserdampf ist und je entfernter diese Luft von ihrem Sättigungspunkt steht (bei niedrigem relativen Dampfgehalt). Da sich nun beide Zustände erfahrungsgemäss zur Mittagszeit und im hohen Sommer ereignen, während im Winter die Luft fast vollkommen

mit Wasserdampf gesättigt ist, so finden sich die Verdunstungsgeschwindigkeiten von Lunge und Haut in einem zeitlichen Gegensatz. — Der Barometerstand, selbst wenn er auch durch eine Veränderung eines Druckes der trockenen Atmosphäre bei gleichbleibender Spannung des Wasserdampfes gesteigert oder erniedrigt wird, übt immer einen Einfluss auf die Verdunstung. Denn es drückt auf das Wasser als solches jede Luftart, und dieser Druck bestimmt, wie wir wissen, die Geschwindigkeit der Verdunstung. Erniedrigt sich also der Barometerstand, so wird die Dampfbildung beschleunigt, und umgekehrt wird sie bei steigendem Luftdruck verlangsamt. Indem man diese Regel auf die wirklich vorkommenden Verhältnisse anzuwenden versucht, darf man natürlich niemals vergessen, neben dem Barometerstand die gleichzeitig vorhandene relative Dampfmenge der Luft mit in Rechnung zu bringen. So ist z. B. auf hohen Bergen die Geschwindigkeit der Dampfbildung vermehrt wegen des niederen Luftdruckes und gemindert wegen der dort öfter vorhandenen, relativ grösseren Dampfmenge, so dass das Resultat dieser zusammenwirkenden Umstände möglicher Weise doch dem in der Ebene vorhandenen gleich sein kann, wo die relative Dampfmenge gering und der Barometerdruck gross ist.

Ueber den Gewinn und Verlust des Bluts an Gasen durch die Oxydation der lebendigen Atome und den Austausch der verbrennenden und verbrannten Produkte zwischen Blut und Geweben.

Wie in der Atmosphäre, so müssen auch im Blute Umstände wirken, die die Zusammensetzung seiner Luft gleich zu erhalten trachten. Denn wenn der schon geschilderte Gasstrom ununterbrochen von und zu dem Blute gehen soll, so muss der eingetretene Sauerstoff fortwährend wieder verschwinden und die ausgeschiedene CO_2 ebenfalls wieder ersetzt werden, denn sonst würde das Blut bald vollkommen frei von CO_2 und statt dessen bis zur Sättigung mit O beladen sein, womit denn der Gasaustausch zwischen Luft und Blut sein Ende erreicht hätte.

Beides, die Neubildung von CO_2 und das Verschwinden von O, geschieht nun in der Regel durch die sogen. thierische Verbrennung. Hierunter versteht man aber einen Vorgang, bei welchem die organischen Atome des thierischen Körpers mit Hülfe des aus der Luft aufgenommenen Sauerstoffs umgewandelt werden in CO_2, N, HO und in die festen organischen Bestandtheile des Harns und Schweisses. Von der Lebhaftigkeit dieser Oxydation hängt es also im letzten Ende ab, welchen Umfang der Gasaustausch auf den Athmungs-

flächen unter sonst günstigen Umständen annehmen kann. Betrachtet man nun dieselbe mit Rücksicht auf die Grösse des Gasstromes, den sie einleitet, so ist bald Zweierlei ersichtlich; zuerst, dass die Menge des in der Zeiteinheit hin- und hergeführten Gases sich mit dem Verlauf der Umstände bedeutend ändert, und zweitens, dass für gleiche Mengen eingebrachten Sauerstoffs sehr ungleiche Mengen von CO_2 ausgeführt werden.

Was zuerst den letztern Punkt anlangt, so ist aus der chemischen Zusammensetzung der verbrennlichen Atome einleuchtend, dass 100 Vol.-Th. Sauerstoff, die zum Verbrennen von Zucker benutzt werden, wieder 100 Vol.-Th. CO_2 liefern, während aus ihnen nur etwa 70 Vol. CO_2 enstanden wären, wenn sie Tristearin oxydirt hätten. Denn der Zucker ($C_{12}H_{12}O_{12}$) besitzt bekanntlich genug O, um allen seinen H vollkommen zu Wasser zu verbrennen, während bei der Verbrennung des Tristearin's ($C_{114}H_{104}O_{12}$) immer noch ein grosser Theil des atmosphärischen Sauerstoffs zur Oxydation des Wassers verwandt werden muss.

Wie bei der Umsetzung des Fettes mehr O eingenommen war, als in der ausgeschiedenen CO_2 von diesem Element enthalten ist, so könnte möglicher Weise auch in beschränkten Zeiträumen mehr CO_2 ausgeschieden werden, als Sauerstoff absorbirt war. Denn es zerfallen die thierischen Atome, so weit wir wissen, nicht beim ersten Angriff in CO_2, HO u. s. w., sondern vorerst in noch verwickeltere Verbindungen; zur Herstellung derselben ist Sauerstoff nöthig, welcher der CO_2-Bildung erst dann zu Gute kommt, wenn die genannten Spaltungsprodukte vollkommen verbrennen; also ist der Sauerstoff, der schon früher aufgenommen wurde, erst später mit der CO_2 wieder fortgegangen. Aehnlich kann auch die Veränderlichkeit der Reaktion einzelner Gewebe, wie namentlich der so sehr verbreiteten Muskeln, wirken. Denn wenn die saure Reaktion durch das eintretende Uebergewicht einfachkohlensauren oder basischphosphorsauren Natrons in das basische überschlägt, so muss ein Theil der damals in den Muskeln gebildeten CO_2 zurückgehalten werden, welcher erst dann, wenn die saure Reaktion wiederkehrt, ausgetrieben wird. Dieses Ueberwiegen des ausgeschiedenen CO_2-Volums über das eingeführte O kann aber immer nur auf kurze, niemals auf längere Zeit bestehen. Denn wir geniessen in der Regel keine sauerstoffhaltigere Nahrung als den Zucker, und diesen niemals allein, sondern gemischt mit andern, viel sauerstoffärmeren Verbindungen. Bei der Verbrennung des

Zuckers, ist, wie schon erwähnt, das Volumen der gebildeten CO_2 gerade dem des verbrauchten Sauerstoffs gleich; bei der Verbrennung aller andern Atome ist aber immer das erstere kleiner als das letztere. Weil nun im Lebenden Zucker, Fette und Albumin zugleich verbrannt werden, so muss auch ein grösseres Volumen an Sauerstoff ein-, als an CO_2 ausgeathmet werden.

Mehr noch als das Verhältniss zwischen aus- und eingehenden Gasen ändert sich der Gesammtverkehr derselben in der Zeiteinheit. Denn die thierische Verbrennung geht nicht zu allen Zeiten gleich lebhaft vor sich; dieses ergiebt sich schon daraus, dass nicht in jeder Zeiteinheit des Tags gleichviel Wärme und gleichviel Harnstoff entsteht, zwei Produkte, die unzweifelhaft eine Folge der thierischen Verbrennung sind. Der letzte Grund dieser Variation ist darin zu suchen, dass die Oxydation nicht so lange gleichmässig fortschreitet, als O und brennbare Stoffe vorhanden sind, sondern dass die Blut- oder Organbestandtheile erst einer Vorbereitung bedürfen, bevor sie den Angriffen des O's zugängig sind. Diese wird ihnen aber zu Theil entweder in Folge der Temperatur der Luft oder einer veränderten Mischung unserer Säfte, z. B. nach der Nahrungsaufnahme, oder auch durch die Erregung der Nerven, Muskeln, Drüsen, wobei wahrscheinlich eine Spaltung von chemisch trägen in leicht veränderliche Atome eintritt.

Zwischen dem Gasverkehr auf den Athemflächen und der Umsetzung der Gase in der thierischen Oxydation liegt aber noch ein Vorgang in der Mitte, den man als die innere Respiration bezeichnen könnte. Ihm fällt die Aufgabe zu, den O aus dem Blute an den Ort der Verbrennung, und umgekehrt, die bei der letztern gebildeten Gase in die Blutflüssigkeit zurückzuführen. Da wir nun aber nicht einmal mit Sicherheit den Ort kennen, wo die Verbrennung geschieht, so können wir auch nicht den Mangel an empirischen Daten ersetzen durch Ableitungen aus bekannten Eigenschaften der hier in Betracht kommenden Flüssigkeiten und Gase. Wir wissen nur so viel mit Sicherheit, dass das mit O durchtränkte Blut sehr viel länger hellroth, d. h. sauerstoffreich bleibt, wenn es für sich bei der Temperatur des thierischen Körpers aufgehoben wird, als wenn es durch die Capillaren des lebenden oder des so eben getödteten Thiers läuft. Also begünstigt die Berührung des Blutes mit den Wandungen der Capillaren beziehungsweise mit den sie umgebenden Flüssigkeiten und Geweben, die Umwandlung des O-Stoffs. Ob nun aber aus den Capillaren der Sauerstoff in die

Gewebe tritt, dort CO_2 bildet und dann erst wieder in das Blut zurückkehrt, oder ob sich der O-Stoff in den Capillaren in Ozon umwandelt oder ob leicht oxydable Körper aus den Geweben durch die Capillarenwand in das Blut übertreten, die sich dort sogleich mit O-Stoff verbinden, ist vollkommen unbekannt. — Hier ist also noch ein ganz neuer Abschnitt der Athmungslehre zu schaffen.

Einige wenige Thatsachen, die sich auf die innere Athmung beziehen, sollen hier zusammengestellt werden, mehr um Fragen aufzuwerfen, als zu lösen. — Ausgeschnittene, blutfreie, noch reizbare Muskeln fahren fort, CO_2 zu bilden, wenn sie in einer sauerstoffhaltigen Atmosphäre aufgehängt sind. Daraus könnte man schliessen, dass der Muskel auch ohne Zuthun des Blutes verbrennt, oder mit Rücksicht auf das Vorliegende, dass der Ort, an dem die CO_2 gebildet wird, in dem Muskel und nicht in seinen Blutgefässen zu suchen ist. Da ferner die Muskeln und Nerven nur so lange reizbar sein sollen, als sie freien O enthalten, so müsste man auf die Anwesenheit des letztern, also auch auf die CO_2-Bildung in Nerv und Muskel schliessen aus einer Beobachtung von Setschenow. Diese besteht darin, dass Thiere noch Athembewegungen und Herzschläge erkennen lassen, wenn selbst ihr Blut vollkommen frei an verdunstbarem O ist. Diese Thatsache würde unter der obigen Voraussetzung noch zu ganz besondern Betrachtungen Veranlassung geben über das Verhältniss der Verwandtschaften der Muskelstoffe und der Blutkörperchen zu freiem Sauerstoff. Aber ein genaueres Eingehen in den Gegenstand erscheint nicht gerathen, so lange die Beobachtung von Bernard aufrecht steht, dass das Blut, welches aus den Venen der absondernden Speicheldrüse hellroth zurückkommt, sehr viel rascher dunkelt, als das arterielle, vorausgesetzt, dass beide bei gleicher Temperatur aufbewahrt wurden. Denn diese Thatsache verlangt im Gegensatz zu den frühern die Annahme, dass ein leicht verbrennlicher Stoff dem Blute in der Drüse beigemengt wurde.

Wenn die CO_2 in den Geweben gebildet wird und von dort in das Blut tritt, so muss die Spannung der CO_2 in der erstern grösser als in der letztern sein. Da wir nun aber Grund haben zu vermuthen, dass der Absorptionscoëffizient für CO_2 in der Gewebsflüssigkeit und im Blut derselbe ist (vom Harn wissen wir dieses gewiss durch Planer), so müsste demnach auch der Gehalt an freier CO_2 in den Gewebsflüssigkeiten höher als im Blut sein, insofern das Gas von dort hierher treten sollte. Insofern man den Harn als einen Gewebesaft der Niere ansieht, müsste also auch dasselbe für ihn gelten. Dieses scheint aber wenigstens nach den Beobachtungen von Planer (p. 412) nicht der Fall zu sein, da er unter Umständen nur 4,4 pCt. CO_2 in dem Harn fand, d. h. so wenig, wie noch niemals im arteriellen Blut beobachtet wurde.

Mit der Zeit und mit den Gewebsarten ändert sich das Sauerstoffbedürfniss. Dieses ist eine Thatsache, die sich vor Allem aus der chemischen Zusammensetzung, der Wärmebildung und der physiologischen Arbeit verschiedener Gewebe ergiebt.

Zahlenwerthe für den O-Verbrauch in den verschiedenen Geweben würde man natürlich finden, wenn man die Blutmenge kennte, welche ein Gewebe in der mittlern Zeiteinheit durchsetzte, und den mittlern Sauerstoffgehalt des venösen und arteriellen Blutes. Zu einer proportionalen Messung des Sauerstoffverbrauchs in der Zeiteinheit würde die Bestimmung des Sauerstoffgehaltes zweier Venenblutarten genügen, die mit gleicher Geschwindigkeit durch ihre zugehörigen Capillaren gegangen sind, und zwar darum, weil man voraussetzen darf, dass das arterielle Blut überall und zu

allen Zeiten ungefähr gleichviel Sauerstoff mitbrachte. — Bestände die Bedingung gleicher Geschwindigkeit und enthielten die verglichenen Venenblutarten gleichviel Körperchen, so würde man zu dem vorgesetzten Ziel auch dadurch gelangen, wenn man, statt den Sauerstoffgehalt der verschiedenen Venenblutarten zu messen, ausmittelte, wie weit eine jede Art der letztern von ihrer vollkommenen Sättigung mit O entfernt wäre; es würde offenbar der Sauerstoffverbrauch auf einer beliebigen Bahn um so grösser gewesen sein, je mehr Sauerstoff dem aus ihr hervortretenden Blut wieder zugesetzt werden müsste, um dasselbe vollkommen mit jenem Gas zu sättigen. — Cl. Bernard hat einige der zuletzt erwähnten Bestimmungen ausgeführt und folgende Zahlen erhalten:

100 Volum Blut aus	bedurften zur vollen Sättigung Volumina O		
der Pfortader . . .	23,0 Vol.	— 19,3 Vol.	— 30,0 Vol.
dem rechten Herzen .	21,0 „	— 17,6 „	— 21,1 „
der vena jugul. . . .	16,0 „	— 14,0 „	— 16,6 „

Diese Zahlen sagen natürlich nichts aus über den relativen O-Verbrauch in den Darm- und Kopfgefässen, da weder der Umfang und die Geschwindigkeit des Blutstroms in ihnen, noch auch der Körperchengehalt jener Blutarten bekannt ist. — Einen andern ähnlichen Versuch hat Bernard angestellt, in welchem er bestimmte, wie viel O zur Sättigung das Blut in der vena jugularis brauche, bevor und während der nerv. sympathicus gereizt war, also je nachdem Blut sich kürzer oder länger in den Capillaren aufgehalten hatte. 100 Theile Blut, welches ausströmte, bevor der Nerv gereizt wurde, bedurften 5,7 Vol. O; das, welches ausfloss, während der Nerv gereizt wurde, verlangte 7,4 Vol.

Wenn nun einmal das verschiedene Sauerstoffbedürfniss in verschiedenen Zeiten und Orten feststeht, so ist es auch nothwendig, dass die Geschwindigkeit und die Ausbreitung des Blutstroms und namentlich seiner Körperchen mit jenen Umständen wechsele, damit immer den veränderlichen Anforderungen genügt wird. Hierfür haben wir nun zahlreiche Andeutungen, indem die Drüsenadern während ihrer Absonderung, und die Muskeln nach ihrer Zusammenziehung von mehr Blut durchströmt werden als sonst; ferner darin, dass das Blut der vena portar. reicher an Körperchen ist, als das der v. jugularis u. s. w. Mit Rücksicht auf diese Frage verdient der Blutstrom noch eine genauere Untersuchung.

Wir brauchen kaum zu erwähnen, dass das abdunstende Wasser mit den Speisen geradewegs wieder eingeführt wird, dass es aber auch, zum freilich geringsten Theil, durch Oxydation wasserstoffhaltiger Atomcomplexe entsteht.

Berührung zwischen den Luftarten der Erd- und Blutatmosphäre.

Die Geschwindigkeit und der Umfang des Austausches der Gasarten hängt, alles Andere gleichgesetzt, ab von der Fläche, auf welcher, und von der Zeit, während welcher die Berührung geschieht. Der Einfluss der ersten Bedingungen bedarf gar keiner Erwägung; rücksichtlich des letzteren erwähnen wir dagegen, dass es zur Unterhaltung der Athmung keineswegs genügt, Luft und Blut überhaupt in Berührung zu halten, sondern dass für einen

gegebenen und constanten O- und CO_2-Gehalt des Luftkreises und der Gewebsflüssigkeiten das mögliche Maximum in der Austauschungsgeschwindigkeit der Gase nur dann zu erreichen ist, wenn die in Berührung befindlichen Theile des Blutes und der Luft möglichst genau so viel und so wenig O und CO_2 besitzen, als einerseits die Flüssigkeit der Gewebe, aus denen das Blut hervorging, und anderseits die nicht mit dem Körper in Berühung stehende, resp. nicht in seinen Höhlungen eingefangene Luft. Diese Bedingung ist aber nur dann befriedigt, wenn ein möglichst rascher Blut- und Gaswechsel eingeleitet wird, wenn also das Blut aus den Athemflächen, mit Sauerstoff geschwängert, rasch durch die CO_2-Region dringt und von dort, bevor noch sein Sauerstoffgehalt beträchtlich gesunken, wie derin eine möglichst rein eatmosphärische Luft zurückeilt. — Verweilen dieselben Bluttheilchen längere Zeit an demselben Orte in den Geweben, so wird der Unterschied der Gasarten des Blutes und der Gewebe sich ausgleichen und damit auch der Gasstrom zwischen beiden Lokalitäten immer langsamer werden. Dasselbe gilt natürlich auch für den Gasstrom zwischen dem Blut und der Luft, wenn der Antheil dieser letztern, welcher die Athmungsflächen berührt, nicht im Wechsel begriffen ist; daraus folgern wir, dass mit der Geschwindigkeit des Blutstroms, der der Athemzüge und der die äussere Körperoberfläche berührenden Winde auch die Geschwindigkeit des Gasaustausches wächst.

Von dem hier berührten Prinzip macht der Athmungsmechanismus jedesmal Gebrauch, wenn das Blut mit CO_2 überladen ist; die Brustbewegungen folgen rasch aufeinander; er benutzt es ferner, wenn lokale Nöthigungen zu grösserem Sauerstoffverbrauch eintreten; dann wird, wie in den Speicheldrüsen während der Sekretion u. s. w., der Blutstrom durch den thätigern Ort lebhafter. — Die nothwendige Folge dieses vermehrten Zuströmens von Luft oder Blut ist die, dass der prozentische Gehalt an CO_2 in der abströmenden Flüssigkeit geringer wird, obwohl die Summe der in der Zeiteinheit ausgeführten CO_2-Menge gemehrt ist. Der Grund für das Letztere liegt darin, dass die Geschwindigkeit des Luft- oder Blutstroms mehr gewachsen ist, als die des ausführenden CO_2-Stroms.

Die Absorptionsfähigkeit des Blutes.

Diese greift endlich als eine allgemeine Bedingung in die Athmung ein, weil das Blut die Uebertragung des Sauerstoffs aus der Luft in die Gewebe und diejenige der Kohlensäure in der um-

gekehrten Richtung vermittelt. Die Mittheilungen über Absorptionsfähigkeit des Blutes (p. 13 und 26 d. Bd.) sind noch wesentlich von Setschenow *) vervollständigt. 1) Aus arteriellem Blut entwickelt ein neues Abscheidungsverfahren der Gase mehr Sauerstoff, als man bisher daraus erhalten. Der möglichen Erklärung, dass dieses Sauerstoff-Mehr abhängig sei von einem reichlichen Gehalt des Blutes an Körperchen, kann entgegnet werden, dass jedesmal, wenn Blut aus der gleichnamigen Arterie verschiedener Individuen derselben Thiergattung untersucht wurde, es mit dem neuen Verfahren mehr O gab als mit dem alten. — 2) Das Blut enthält mehr CO_2 als man bisher glaubte, insbesondere aber gilt dieses für die Verhältnisszahl zwischen der verdunstbaren und der chemisch gebundenen, d. h. der nur durch fixe Säuren austreibbaren CO_2; denn während es bisher galt, dass das Maass gebundener CO_2 etwa um das vier- bis sechsfache grösser sei als das der verdunstbaren, stellte sich umgekehrt heraus, dass auf 10 Theile freie 1 Theil gebundene kommt. Also enthält auch das Blut der Hunde jedenfalls nur sehr wenig kohlensaures Natron. — Da aber nach Meyer ein Theil der verdunstbaren CO_2 in einer Salzverbindung enthalten ist, so bleibt zur Herstellung einer solchen nur noch das HO, 2NaO PO_5 übrig, welches nach Fernet bei Gegenwart überschüssiger CO_2 für je 1 Atom Salz 2 Atome CO_2 aufnehmen kann; daraus würde man folgern müssen, dass der nicht zusammendrückbare Antheil der verdunstungsfähigen CO_2 vorzugsweise an den Blutkörperchen hafte, da diese vorzüglich die phosphorsauren Natronsalze enthalten sollen. Dieser Folgerung sind die Beobachtungen von Fernet**) über die freie CO_2 des Serums und des Gesammtblutes vom Ochsen nicht günstig, aber sie widerlegen sie auch nicht; denn er fand, dass gleiche Maasse von Serum und von Gesammtblut ungefähr ebensoviel CO_2 im strengen Wortsinn absorbiren, wie das Wasser; der anderweitig gebundene Antheil der freien CO_2 war im Gesammtblut nur um ein weniges grösser als im Serum. — 3) Das Gesammtblut enthält etwas mehr N-Gas als ein gleich grosses Wasservolum absorbiren kann.

Nach den Beobachtungen von Setschenow gewinnt man aus 100 Theilen arteriellen Hundebluts im Mittel Vol. O = 15,73; Vol. N = 1,19; Vol. freie CO_2 = 29,46; Vol. gebundene CO_2 = 2,43. Die Gase sind auf 0° und 1 Meter Hg-Druck berechnet.

*) Wiener akad. Sitzungsberichte. XXXVI. 293.

**) Annales des sciences naturelles. Tom. VIII. 1857.

Nach Fernet bedürfen 100 Theile gasfreien Serums oder Bluts des Rindes folgende Gasmengen zur vollen Sättigung:

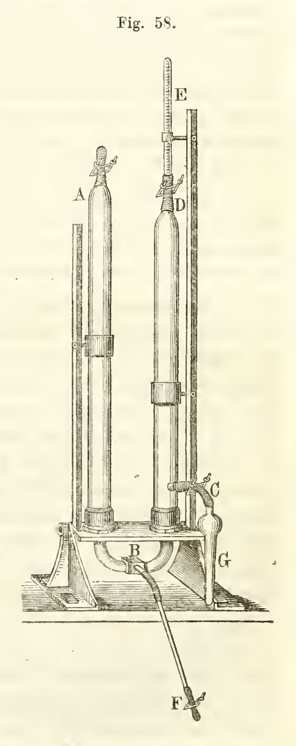
	O		CO_2		N
	absorbirt,	anderw. gbdn.	absorbirt,	anderw. gbdn.	
Temperatur	16,8⁰ C.		16,0⁰ C.		15,8⁰ C.
Serum	2,9	0,1	98,9	47,1	1,41
Blut	2,9	9,5	96,4	49,1	—

Die Gase sind auf 760 Millimeter Druck und 0⁰ C. berechnet.

Nach Setschenow absorbiren 100 Theile gasfreien Bluts des Hundes 18,87 Vol. O.

Das Verfahren, welches Setschenow benutzte, um aus dem frischen Blut die Gase zu gewinnen, gründet sich auf die Anwendung der Torizelli'schen Leere; der Apparat ist von C. Ludwig construirt; er ist schematisch in Fig. 58 dargestellt. Er besteht aus einem U-förmigen Rohr *A B D*, welches bei *A B C D* offen ist. Auf die Oeffnung bei *A* ist ein durch eine Klemme verschliessbares Kautschukrohr gesetzt; aus *B* geht hervor ein senkrechtes, über 800 MM. langes Glasrohr *B F*, dessen untere Mündung *F* ebenfalls mit einem verschliessbaren Kautschukrohr versehen ist; das Ende *F* taucht in ein mit Quecksilber gefülltes Gefäss. An der Oeffnung *C* sitzt mittelst Kautschuk der Blutbehälter. Auch diese Kautschukverbindung ist durch eine Klemme verschliessbar. Auf der Mündung *D* endlich sitzt mittelst Kautschuk und Klemme ein oben geschlossenes und graduirtes Maassrohr. Zur Ausführung des Versuchs wird zuerst das Blutgefäss gefüllt, und zwar aus der Ader des Thieres unter Quecksilber mit Ausschluss aller Luft; nachdem sein Kautschukansatz unter Quecksilber durch die Klemme geschlossen ist, wird es an *C* gesetzt. Darauf werden alle Rohre mit luftfreiem Quecksilber gefüllt, während die Klemme bei *F* geschlossen ist, und hierauf werden alle andern Klemmen geschlossen und die bei *F* unter Quecksilber geöffnet. Indem dieses letztere ausfliesst, entsteht zwischen *C* und *D* ein luftleerer Raum; ist das Quecksilber unter die Mündung *C* gelangt, so wird *F* wieder geschlossen und die Klemme bei *C* geöffnet und das Blut in einem Wasserbad von 40⁰ bis 50⁰ C. erwärmt. Augenblicklich kocht das Blut in dem luftleeren Raume. Hat man dieses Kochen einige Zeit unterhalten, so schliesst man wieder *C*, füllt durch *A* Quecksilber nach und presst somit das in dem Raume

Fig. 58.



C D enthaltene Gas zusammen. Wenn es nahezu auf die normale barometrische Spannung gekommen, öffnet man die Klemme bei *D*, worauf das Gas in das Sammelrohr *E* übertritt. Nachdem man *D* geschlossen, wiederholt man den Versuch, und zwar so oft, bis man aus dem Blut keine Luft mehr erhalten kann.

Fernet nimmt an, dass das von ihm zu Absorptionsbeobachtungen benutzte Blut an Prozenten enthalten habe: 0,25 $NaO\,CO_2$ und 0,03 $2\,NaO\,PO_5$. 100 Theile auf diese Weise zusammengesetzte Lösung absorbiren unabhängig vom Druck 47,1 Vol. CO_2, was nahe zusammentrifft mit der von ihm am Serum wirklich beobachteten Zahl; diese Unterstellung gilt aber nicht für das von Setschenow untersuchte Blut, welches seiner geringen Menge fixirter CO_2 nach noch nicht 0,01 pCt. $NaCO_2$ enthalten konnte. Da das Blutserum ebenfalls ein wenig O unabhängig vom Druck absorbirt, was eine Lösung der Blutsalze nicht thut, so glaubt Fernet den Eiweisskörpern des Serums eine Verwandtschaft zum Sauerstoff zuschreiben zu müssen. War das von ihm angewendete Serum frei von Blut- und Lymphkörperchen? — Auf die abweichende Eigenschaft des Blutes, so viel CO_2 und O im wahren Wortsinn zu absorbiren, ist besonders aufmerksam zu machen. 100 Vol. Th. Blut (von 1055 spez. Gew. und 80 pCt. Wasser) enthalten nur etwa 84 Vol. Th. Wasser und absorbiren doch so viel wie 100 Th. Wasser; entweder erhöhen also die Eiweisskörper den Absorptionscoëffizienten des Wassers, oder sie verhalten sich im flüssigen Zustande selbst wie Wasser. — Die NaCl-Aenderungen, welche dem gesunden Blut eigen sind, scheinen keinen Einfluss auf die Absorption zu üben, was trotz der gegentheiligen Versicherungen aus Fernet's Beobachtungen hervorzugehen scheint.

Ganz besonders müsste noch untersucht werden, wie sich die Geschwindigkeit, mit welcher die CO_2 das Blut verlässt, änderte mit dem variablen Unterschied der im Blut absorbirten und der in der darüber stehenden Luft enthaltenen CO_2-Menge. Namentlich wäre es wissenswürdig, wie tief der CO_2-Druck der Umgebung gesunken sein muss, bis die vom phosphorsauren Natron aufgenommene CO_2 entlassen werden kann.

Untersuchungen über Veränderungen der Absorptionsfähigkeit und ihren Einfluss auf die Athmung liegen nicht vor. — Voraussichtlich wird mit der Abnahme der rothen Körperchen der Sauerstoffaustausch beschränkt (Aderlass, Bleichsucht, Leukämie?). — Da das Serum zwischen dem Sauerstoff der Gewebe oder dem der Luft und demjenigen der Blutkörperchen den Vermittler spielt, so müssen Veränderungen in seiner Zusammensetzung, welche die Aufnahme des Sauerstoffs beeinflussen, auch die Geschwindigkeit fernerer Uebertragung von und zu den Körperchen bestimmen. — Für den Austausch der CO_2 dürfte ihr in der Flüssigkeit gelöster Antheil genügen, und noch mehr, er dürfte sich allein an demselben betheiligen. Einen teleologischen Beweis könnte man dafür finden wollen in der Leichtigkeit, mit welcher das $NaO\,2CO_2$ und $2NaO\,PO_5$ in den Harn übergehen; noch mehr dürfte die Ueberlegung wiegen, dass die an die Salze gebundene CO_2 erst dann austreten kann, wenn die leichter gebundene und absorbirte erschöpft ist; das wird aber niemals eintreten. Von Wichtigkeit für die innere Ath-

mung können die Salzverbindungen dann werden, wenn plötzlich viel CO_2 entsteht. Dann entlasten sie die Gewebe von der freiern chemisch wirksamern CO_2.

Besondere Athemwerkzeuge.

Rücksichtlich des in den Vordergrund gestellten Gasaustausches scheiden sich die Athemorgane durch die Ausbreitung der Berührungsflächen zwischen Luft und Blut, durch die chemische Zusammensetzung und die Mächtigkeit der flüssigen Schicht, welche das Blut, resp. dessen Körperchen von der Luft trennt, und endlich durch die Geschwindigkeit des Blut- und Luftwechsels in den Athemflächen.

A. Lungenathmung.

Die an ihr betheiligten Werkzeuge zerfällen wir in lüftende und luftverändernde; zu den ersteren gehören Brust- und Bauchwandungen, Nase, Mundöffnung, Kehlkopf, Luftröhre bis in ihre feinsten Verzweigungen. Zu den letzteren zählen wir die Häute der Lungenbläschen und der Blutgefässe, welche auf und in den letztern liegen, und die Flüssigkeiten, welche diese Häute durchtränken oder von diesen umschlossen sind.

Lüftungswerkzeuge.

Da wir schon zu wiederholten Malen auf diese Organe die Aufmerksamkeit gelenkt haben, so heben wir hier nur noch die Beziehungen derselben zum Luftstrom in den Lungen hervor.

1. Ueber die Mittel, welche den Luftstrom erzeugen*). Der Luftwechsel innerhalb der Lungen wird dadurch bewerkstelligt, dass die Wandungen des Brustkastens, indem sie sich ausdehnen und zusammenziehen, das Volum der Brusthöhle mindern (Exspiration) oder mehren (Inspiration). — Bei dem gesunden Menschen ist aber jede Veränderung in dem Durchmesser der Brust gleichbedeutend mit derjenigen der Lungenhöhle, weil die äussern Oberflächen der leicht ausdehnbaren Lungen innig angeschlossen sind an die innern Flächen der Brustwand und den Bewegungen dieser Folge leisten müssen. Da dieser Anschluss aber nur so lange besteht, als die Pleurahöhle luftleer ist, so kann er nur abhängig sein von dem Druck, welchen die Luft in dem Binnenraum der Lunge gegen die

---

*) Traube, in dessen Beiträgen zur experimental. Pathologie. 1846. 91. — Hutchinson, Cyclopaedia by Todd. IV. Bd. Thorax. — Beau et Maissiat, Archiv. génér. Déc. 1842. — Meissner, dessen Jahresbericht für 1856. p. 485 (Helmholtz) und für 1857. 501. — Srb, Wiener med. Wochenschrift. Januar 1859. — Henle, Anatomie des Menschen etc. Braunschweig 1855—58. — Arnold, Physiologische Anstalt zu Heidelberg. 1858. 146.

ausdehnbaren Lungenhäute ausübt, ein Druck, der im normalen Zustand kein Gegengewicht in dem Pleurasack findet. Demnach können wir bis auf Weiteres fingiren, die äussern Lungen- und die innern Brustflächen seien mit einander verwachsen, welches zudem oft genug wirklich vorkommt. Unter dieser Voraussetzung leuchtet ein, dass bei einer jeden Erweiterung der Brusthöhle ein Luftstrom in die Lungen gehen muss, so lange ihr Hohlraum und die Atmosphäre in offener Verbindung stehen. Denn mit der Erweiterung der Brusthöhle wird auch die in ihr enthaltene Luft verdünnt, so dass sie nicht mehr im Stande ist, dem Druck der atmosphärischen das Gleichgewicht zu halten; der Strom wird also so lange andauern, bis die Spannung der Luft inner- und ausserhalb der Lungen wieder gleich geworden ist. Umgekehrt muss aber ein Luftstrom aus den Lungen dringen, wenn der Brustraum verengert wird. Es ist, wie man danach sieht, der Apparat zur Einleitung des Luftwechsels ganz nach dem Grundsatze eines gewöhnlichen Blasebalgs gebaut.

Zu den Umständen, welche den Brustkasten erweitern, also die Einathmung einleiten, gehören die Zusammenziehungen des Zwerchfells, der mm. scaleni, intercostales externi, beziehungsweise interni, levatores costarum, serrati postici superiores, sternocleidomastoidei, pectorales minores, serrati antici majores (?), und endlich der Wirbelsäulstrecker. — a) Die Wirbelsäulstrecker sind, wenn man sich so ausdrücken darf, weniger von direkter als indirekter Bedeutung; eine Streckung und Beugung der Wirbelsäule ändert zwar, aber keineswegs in einer hervorragenden Weise die Räumlichkeiten der Brusthöhle; sie üben dagegen einen bedeutenden Einfluss auf den Umfang, den die Bewegungen der Rippen gewinnen können. Nach Hutchinson ist bei gestreckter Wirbelsäule das Luftvolum, welches durch ein Maximum der Brusterweiterung und Verengerung eingezogen und ausgestossen werden kann, am grössten und in der That strecken wir uns auch unwillkührlich, wenn wir möglichst tief einathmen wollen. — b) Bei der Zusammenziehung des Zwerchfells flachen sich die gewöhnlich an den Rippen unmittelbar anliegenden (Donders) rothen Seitentheile des Zwerchfellgewölbes ab und steigen in die Bauchhöhle hinunter, während die mit dem Herzen in Verbindung stehenden Abschnitte des centr. tendineum ihre Lagen behaupten (Hyrtl). — Der Bogen, den ein von rechts nach links durch das Zwerchfell geführter Schnitt während der Ruhe desselben darstellt, flacht sich also ab und nähert sich einem Winkel, dessen

abgestumpfte Spitze unter dem Herzen liegt. Der Brustraum wird demnach dadurch erweitert, dass er sich an seinem breitesten Theil verlängert. — c) Um die Wirkung der viel besprochenen m. intercostales ersichtlich zu machen, ist es nothwendig sich zu erinnern, dass die Rippe sich nur um eine annähernd horizontale Achse drehen kann, welche von innen und vorn schief nach hinten und aussen läuft; die Richtung derselben ändert sich von Rippe zu Rippe und zwar so, dass der Winkel, den sie mit der Stirnebene bildet, um so spitzer ist, je höher die Rippe liegt, so dass er sich an den untern einem rechten nähert. Daraus folgt, dass, wenn die Rippe sich aus ihrer gesenkten Lage erhebt, sich zugleich jeder ihrer Punkte nach aussen bewegt, und dass für gleichen Hebungswinkel die Auswärtsbeugung um so grösser sein wird, je tiefer unten die bewegte Rippe liegt. Erfahrungsgemäss werden die Rippen bei der Einathmung gehoben, und zwarnur so weit, dass jeder Zwischenrippenraum sich vergrössert, hiezu wirken, wie ebenfalls die Erfahrung lehrt, die Intercostalmuskeln insbesondere bei kräftigen Athemzügen mit. — Insoweit aber das Heben von den m. intercostales ausgeführt werden soll, kann es nur geschehen an den knöchernen Rippentheilen durch die intercostales externi und an den knorpeligen durch die intercostales interni (Hamberger).

Um dieses einzusehen, betrachte man Fig. 59 eine beliebige Intercostalfaser *a c* als Diagonale eines Parallelogramms, dessen Seiten gegeben sind durch die Rippenstücke *a b* und *d c*, die nämlich, welche abgeschnitten werden durch die geraden *a d* und *b c*, welche vom obern, resp. untern Ansatzpunkt der Fasern ausgehen. Gesetzt nun, es seien die Rippen *a b* und *d c* in der gesenkten (ruhenden), *a f* und *c g* in der erhobenen Lage, so ergiebt sogleich die Anschauung, dass die der Richtung *a c* entsprechende Diagonale sich verkürzt, und die entgegengesetzte sich verlängert hat. — Da nun

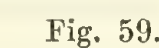
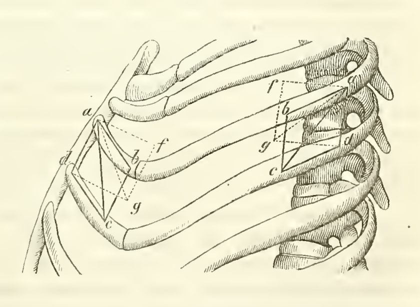


Fig. 59.



aber bekanntermaassen der Muskel, wenn er sich zusammenzieht, seine Ansatzpunkte nur nähern kann, so wird der musc. extern. die Rippen nur erheben, der musc. intern. aber, so weit er auf dem knöchernen Rippentheil entspringt, die Rippe nur

senken können. — Die zuletzt genannte Muskelabtheilung würdenur dann hebend wirken können, wenn, wie Meissner voraussetzt, sich während der Drehung der untere Ansatzpunkt des m. intercost. intern. vor den obern schöbe, so dass er in der That den Verlauf eines extern. annähme.

Eine andere Frage ist die, ob sich während der Einathmung die an den knöchernen Rippen vorhandenen m. intercostales externi nicht ebenfalls zusammenziehen, und welcher Erfolg daraus hervorgehe. Das Bestehen der Zusammenziehung hat man aus verschiedenen Gründen behauptet. Der vornehmste darunter ist hergenommen aus der Beobachtung, dass sich bei der Einathmung die Zwischenrippenräume nicht gegen die Brusthöhle einziehen (?). Dieses müssten sie aber, wenn ihre Wände nicht gesteift wären; mit Erfolg kann diese Steifung aber nur durch die gleichzeitige Zusammenziehung der Faserkreuzung (der musc. externi und interni) geschehen (Henle). Die Annahme, dass die Steifung wirklich auf die genannte Weise stattfindet, erhält ihre Bekräftigung dadurch, dass die senkend wirkenden intercostales da fehlen, wo andere Muskeln die Brustwand verstärken, und dass sie gleichzeitig mit den m. externi, und zwar beide in kräftiger Ausbildung, gefunden werden in den häufig vorkommenden Rippenfenstern, welche, weil sie rings von Knochen umgeben sind, gar keine Veränderung ihres Durchmessers zulassen. Wären die Muskeln während des Lebens dort nicht öfter in wirksame Zusammenziehung versetzt, so wären sie wohl atrophirt (Srb).

Ziehen sich die mm. intercostales intern., welche von den knöchernen Rippen entspringen, gleichzeitig mit den m. extern. zusammen, so müssen sie die hebende Wirkung der letztern mindern. Dieser nicht wegzuläugnende Widerspruch sollte dadurch gemildert werden, dass man annahm, es werde jede Rippe nicht durch die ihr zukommenden, sondern durch die der nächst höher gelegenen Rippen, und an letzter Stelle durch die m. scaleni gehoben (Meissner). Diese Annahme ist widerlegt durch die bekannte Erfahrung, dass sich die unteren Rippen noch heben, wenn sie durch einen Querschnitt der Brust von den höheren getrennt sind. — Arnold hat beobachtet, dass sich bei Hunden und Kaninchen einzelne Zwischenrippenräume während der Einathmung verengern. Hier waren also sicher die mm. interni gleichzeitig in Thätigkeit.

Aus dem Vorhergehenden versteht es sich von selbst, dass der untere Rand der erhobenen Rippe sich weiter nach vorn stellen muss, und nicht minder, dass bei tiefer Inspiration die unteren Rippen stark nach auswärts treten müssen. Für das Gewinnen von Raum leuchtet es als Vortheil ein, dass der Brusttheil, welcher durch das Zwerchfell verlängert, zugleich durch die Rippen ansehnlich verbreitert werden kann. Dass diese letztere

Erscheinung auf einer Eigenschaft der Rippenbewegung an und für sich und nicht von den durch das Zwerchfell gepressten Eingeweiden abhängt, ergiebt sich daraus, dass sie auch nach geöffneter Unterleibshöhle beobachtet wird (Duchenne). — d) M. scaleni, levatores costarum, serratus posticus, sternocleidomastoideus wirken nach bekannter Weise. — e) Die Rumpfschulterblatt- und Rumpfarmmuskeln können erst nach Feststellung des Schulterblattes und Armes für die Auseinanderziehung des Thorax wirksam werden; man könnte darum geneigt sein, ihnen hierbei eine Rolle zu übertragen, weil wir bei tiefen und namentlich krampfhaften Inspirationen Arm und Schulterblatt durch Anstemmen des Arms feststellen. Aber auch dann sollen, wie der Verlauf beweist, nur die drei obern Zacken des serratus anticus major rippenhebend wirken können (Cöster). Am ruhigen Einathmen betheiligen sich die genannten Muskeln gewiss nicht.

Die Zusammenpressung der Brusthöhle wird bedingt durch die elastischen Kräfte der Brust-, der Lungen- oder Bauchwand und des Darminhalts und durch die Zusammenziehungen der mm. intercostales interni, so weit sie vom Knochen entspringen, mm. transversus und obliqui abdominis, serrati postici inferiores, sternocostalis und der Beuger der Wirbelsäule, vor Allem des rectus abdominis. — a) Schon früher (p. 144) wurde erwähnt, dass die Wandungen der lebenden Lungen durch den auf ihre inneren Flächen wirkenden Luftdruck immer ausgedehnt sind. Dieses wird einfach dadurch bewiesen, dass die Lungen auf einen kleineren Umfang zusammenfallen, wenn man während des Lebens oder kurz nach dem Tode den Luftdruck auf den beiden Wandflächen gleich macht, z. B. dadurch, dass man, während die Stimmritze offen steht, den Pleurasack dem Luftzutritt bloslegt. Die Spannung, welche die ausgedehnte Lungenwand der in ihr vorhandenen Luft mittheilen kann, wenn man die Trachea luftdicht geschlossen und die äussere Lungenfläche dem Zutritt der Luft geöffnet, ist veränderlich mit dem Elastizitätscoëffizienten der Wandung, den Zuständen der kleinen Lungenmuskeln und der Ausdehnung der Lunge (Carson, Donders).

Donders *) maass die Spannung der Lungenluft (die Federkraft der Lungenwand) dadurch, dass er in die Luftröhre einer sonst unversehrten Leiche ein gebogenes, mit Quecksilber gefülltes Manometer einsetzte und dann die Pleurahöhle durch Anschneiden eines Intercostalraums öffnete. In diesem Fall, wo sich die Lunge

*) Handleiding. II. Bd. 393.

im Zustande einer tiefsten Exspiration, also in der geringsten Ausdehnung fand, die sie während des Lebens einnimmt, trieb sie das Hg in dem Manometer um 6 MM. in die Höhe. Als die Lunge darauf annähernd bis zu dem Umfang aufgeblasen wurde, der ihr während der Inspiration zukommt, hielt die durch die Wand erzeugte Spannung der Lungenluft 30 MM. Hg das Gleichgewicht.

Aus dieser Thatsache geht hervor, dass die elastischen Gebilde des Lungengewebes der Inspiration eine Hemmung entgegensetzen und die Exspiration befördern. — b) Die Wände der Brust besitzen (I. Band 512) wegen der Steifigkeit und Befestigungsart der Rippen eine bestimmte Gleichgewichtslage, in die sie immer wieder zurückzukehren streben, gleichgiltig nach welcher Richtung hin sie auch daraus entfernt wurden. Durch diese elastischen Kräfte sind sie befähigt, die Ausathmung zu hemmen und fördern. Das erstere, wenn der Brustkasten durch eine energische Wirkung der Ausathmungsmuskeln auf ein geringeres Volum zusammengepresst werden soll, als er es vermöge seiner elastischen Kräfte einnehmen würde; der Widerstand, den die Brustwandung der Zusammenziehung der Muskeln entgegensetzt, wächst mit der steigenden Verengung der Brusthöhle so rasch, dass er für jene bald unüberwindlich wird. Die Elastizität des Brustkastens hemmt dagegen die Einathmung und befördert also die Exspiration, jedesmal wenn diesselbe von der Gleichgewichtslage an ausgedehnt werden soll. Dieser Widerstand wächst ebenfalls rasch mit der steigenden Ausdehnung der Brusthöhle. Die durch die Inspiration bedingte Spannung der Wandung führt also, wenn die Zusammenziehung der Einathmungsmuskeln nachlässt, die Exspirationsbewegungen aus. — c) Die Baucheingeweide sind innerhalb ihrer elastischen Decken (Haut, Muskeln, Fascien, Rippen) mit einer gewissen Spannung eingeschlossen, welche variirt mit den Eigenschaften dieser Decken, mit der Menge und Art des (festen, flüssigen, gasförmigen) Darminhaltes. Da Brust- und Bauchhöhle nur durch eine leicht bewegliche, sehr ausgedehnte Scheidewand (diaphragma) von einander getrennt sind, so muss der jeweilige Spannungsgrad in der Bauchhöhle sich gegen die Brusthöhle hin geltend machen, und es wird das Zwerchfell so weit gegen die Brusthöhle emporsteigen, bis die rückwirkende Spannung, welche sich in seiner Substanz entwickelt, gleich ist derjenigen, die den Baucheingeweiden zukommt. Daraus folgt, dass die Anfüllung der Unterleibshöhle und die Zustände ihrer Wandung bestimmend wirken auf die Ausdehnung des Brustraums während der Ruhe der äussern Brustwand und des Zwerch-

fells, indem das letztere bei gefüllten Eingeweiden, in der Schwangerschaft u. s. f. höher emporsteigt, und insofern als die Inspiration, welche durch das Zwerchfell ausgeführt wird, an der Spannung der Baucheingeweide eine Hemmung erleidet, während der Rückgang des diaphragma nach der Exspirationsstellung hin hierdurch unterstützt wird. — d) Die Wirkungen der aufgezählten Muskeln setzen wir als bekannt voraus. Wir erlauben uns nur daran zu erinnern, dass der m. transversus abdominis ein wahrer Antagonist des Zwerchfells ist, welcher ohne irgend eine andere Nebenwirkung den Bauchinhalt zusammenpresst und damit das Zwerchfell empordrängt.

2. Leitungsröhren für den Luftstrom in die Lunge. Die Luft dringt aus der Atmosphäre nicht unmittelbar in die Lunge, sondern aus der letztern zunächst in ein Rohr (Trachea), das mit zwei Mündungen (durch Mund und Nase) in das Freie und mit sehr zahlreichen Aesten in die Lungenenden übergeht. — Alle Abtheilungen dieses Rohres sind hinreichend gesteift, um nicht durch einen Unterschied des Luftdrucks auf ihrer äussern oder innern Seite, wie ihn der Athemstrom erzeugen kann, zusammengedrückt zu werden. An der weicheren Nase ist die Scheidewand aufgestellt, an die sich jederseits ein spiraliger Knorpel legt, und hinter diesem folgt der Knochen. Wird die Mundhöhle als Athemöffnung benutzt, so steifen sich durch die Contraktion des m. orbicularis die Lippenränder, oder sie werden auch unter und über die Zahnränder geführt. — Die knorpeligen Halbringe der Luftröhre greifen weit genug, um den Theil der letzteren, welcher nicht schon von der Wirbelsäule geschützt ist, zu festigen, und die Knorpelplättchen in den Bronchien dienen dazu, dass die Drücke der Brustwand die Röhre gar nicht oder mindestens nicht auf die Dauer zusammendrücken können; denn wäre ihr Lumen auch einmal geschlossen, so würde es beim Nachlass des Drucks durch die elastischen Knorpelplättchen wieder geöffnet werden. — Die Muskeln, welche in das Rohr eingelagert sind, glosso- und pharyngopalatini, levator und tensor palati, die grossen und kleinen Kehlkopfmuskeln u. s. w. sind ihrer Wirkung nach theils schon besprochen (I. Bd. 566), theils erfahren sie bei dem Artikel Schlingen noch weitere Aufmerksamkeit. Die langen Muskeln des Kehlkopfs, namentlich sternohyoidei und sternothyreodei, und die Muskeln zwischen den Ringen der Trachea, reguliren die Dimensionen und die Lage der letztern, welche ohne dieses durch häufige Zerrungen nach Länge und Quere bei jedem tiefen Athemzug alterirt würden.

3. Verknüpfung der bewegenden Elemente zu Athembewegungen. Bei der grossen Zahl willkührlich erregbarer Muskeln, die an dem Athemapparat angebracht sind, können begreiflich unzählige Arten von Combinationen derselben sowohl unter einander, als auch mit den elastischen Einrichtungen hervorgebracht werden. Die Athemwerkzeuge sind aber auch unwillkührlich erfolgenden Erregungen unterthan, wie wir schon früher sahen (I. Bd. 212). Da diesen automatischen Apparat ein genau vorgezeichneter Mechanismus beherrscht, so sind die aus ihm hervorgehenden Combinationen beschränkt. — a) Die unwillkührliche Erregung ordnet jedesmal die den Brustkasten bewegenden Kräfte so an, dass auf eine Einziehung der Luft unmittelbar ein Ausstossen derselben folgt, und dass dann längere Zeit der Brustkasten in Ruhe verharrt, welche die eben vollendete Exspiration von der folgenden Inspiration trennt. Die Einathmung dauert gemeiniglich etwas länger als die Ausathmung, und die Pause nimmt mehr Zeit ein als beide Bewegungen zusammengenommen.

Das hier angedeutete Verhältniss zwischen Ein- und Ausathmungsdauer kann sich mannichfach ändern. Sehen wir von den willkürlich angebrachten Modifikationen ab, so scheint es, als ob besondere Zustände der Nerven, des Bluts u. s. w. sich auch ausprägten durch einen bestimmten Quotienten der Aus- und Einathmungszeit. Die ersten Anfänge zur Aufhellung dieser auch wichtigen Erscheinungen geben unter Anwendung genauer Methoden Vierordt*), G. Ludwig, Liebmann und Hegelmaier.

b) Die Zahl der gleichzeitig zur Athmung in Bewegung gesetzten Muskeln ist veränderlich. In Rücksicht darauf hat man mit einiger, aber für praktische Zwecke gerechtfertigten Willkühr einige Typen der Athembewegung ausgeschieden, das leichte das tiefe und das krampfhafte Athmen. — α) Beim ruhigen Athmen ziehen sich während der Inspiration in den Leitungsröhren zusammen die Heber des Gaumens. Die Stimmritze bleibt (bei In- und Exspiration) weit offen; ihre Mündung wird nur gedeckt durch den nach hinten geschlagenen Kehldeckel (Czermak)**). Diese Stellung scheint nicht die elastische Gleichgewichtslage der Stimmritze zu bezeichnen, weil nach Durchschneidung der n. vagi die Bänder zusammenfallen. An den Brustwandungen aber zieht sich entweder nur das Zwerchfell, oder die mm. scaleni und intercostales zusammen. Die Erweiterung des Brustkastens geschieht namentlich bei Männern

*) Archiv für physiolog. Heilkunde. 1855 und 1856. — Hegelmaier (Vierordt), Die Athembewegung bei Hirndruck. Heilbronn 1859.

**) Der Kehlkopfspiegel. Leipz. 1860. pag. 37.

durch das Zwerchfell, bei Frauen durch die mm. scaleni und intercostales (Traube). Die ausserordentliche Wichtigkeit des Zwerchfells leuchtet daraus ein, dass nach Durchschneidung beider nn. phrenici der Tod eintritt (Budge-Eulenkamp)*). — An der ruhigen Exspiration betheiligt sich keine Zusammenziehung eines Muskels; die Entleerung des Brustkastens geschieht durch die elastischen Wirkungen der Lungen, der Brust- und Bauchwand, des Darms. Diese Art der Bewegung pflegt die gewöhnliche zu sein, wenn das Blut und die Luft normale Zusammensetzung tragen, wenn die Berührung zwischen beiden ungehindert vor sich geht, wenn die übrigen Partien des Nervensystems, insbesondere des Herzens und der den Leidenschaften untergebenen Hirntheile in einem mittleren Grad von Erregung stehen. — β) Beim tiefen Athmen ziehen sich in der Einathung die bei der leichten Inspiration erwähnten Muskeln kräftiger zusammen, so dass z. B. das Zwerchfell, wenn im erstern Falle gewöhnlich bis zur 6. und 7. Rippe, bei tiefer Inspiration bis zur 11. hinuntergeht, wobei sich das Gaumensegel hoch hebt und die Stimmritze weit öffnet u. s. w. Ausserdem treten noch hinzu in den Leitungsröhren die Zusammenziehungen der levatores alae nasi, öfter auch der arytaenoidei postici bei der Einathmung und der arytaenoidei laterales bei der Ausathmung, so dass die cartil. arytaenoideae in ein den Nasenflügeln analoges Hin- und Hergehen gerathen (Czermak); am Brustkasten kommen hinzu die levatores costarum, serrati postici, sternocleidomastoidei. Durch die Zusammenziehung der zahlreichen Muskeln, welche den Brustkasten auseinander ziehen, wird unter den Hypochondrien für die Baucheingeweide ein so bedeutender Raum gewonnen, dass trotz des herunter steigenden Zwerchfells der Bauch nicht vorgetrieben wird, sondern zusammenfällt (Hutchinson). Die Unterschiede, welche die leichte Inspiration des Mannes und der Frau darbot, verschwinden bei der tieferen. — Leidenschaftliche oder plötzliche sensible Erregungen oder Mangel an O im Blut sind die gewöhnlichen Bedingungen, unter denen das tiefe Athmen sich einstellt. — γ) Bei der krampfhaften Einathmung treten die bis dahin als Einathmungsmuskeln bezeichneten in eine ganz intensive Zusammenziehung und zugleich die hyo- und thyreosternalis, so dass die Luftröhre weit herunter gezogen und dadurch möglichst weit wird. Am Brustkasten greifen noch an die Strecker der

*) Valentin's Jahresbericht für 1856. p. 130.

Wirbelsäule und die Rumpfschulterblatt- und Rumpfarmmuskeln, so dass u. A. der Arm unwillkührlich emporgeschleudert wird. Die Ausathmung wird durch möglichst viele Muskeln besorgt. Krampfhaft wird die Athmung bei der Erstickungsnoth. — Vergleiche Arnold*) über die Betheiligung verschiedener Muskeln an der tiefen und leichten Athmung von Hunden und Kaninchen.

Der Mechanismus einiger besonderer Arten unwillkürlicher Athembewegungen: des Niessens, Hustens, Gähnens, Lachens, Seufzens, Schluchzens, kann bei einigem Nachdenken leicht abgeleitet werden.

4. Athemfolge. Die Zahl der Athemzüge in der Zeiteinheit wird durch sehr mannigfache Umstände geändert, namentlich durch den Willen, durch Leidenschaften, durch Erregungszustände des n. vagus und der meisten andern Gefühlsnerven, durch Hirndruck, durch die Grösse der Hindernisse für den Luftsrom in den Athemwegen, die Eigenschaften der Lungenwand, die chemische Zusammensetzung und die Temperatur der Luft, Art und Menge der Nahrungsmittel, Zustände der Verdauungswerkzeuge und Muskeln, Blutmenge, Gehalt des Bluts an Körperchen, die Zahl und Stärke der Herzschläge, Tageszeiten, Körpergrösse, Alter, Geschlecht u. s. w. Alle diese Bedingungen lassen sich, wie es scheint, zusammenfassen unter die Nummern: Seeleneinwirkungen, Erregungszustände der Gefühlsnerven, insbesondere des n. vagus, Gehalt des Bluts an leicht abscheidbaren Gasen, Erregbarkeit (Ermüdungsgrad) des verlängerten Markes.

Die Einwirkung jener Bedingungen äussert sich nun entweder an der gesammten Athembewegung und zwar ebensowohl durch Förderung wie durch Hemmung anderer die Bewegung einleitender Umstände, oder auch durch einen Eingriff in die Beweglichkeit nur einzelner an der Athembewegung betheiligter Muskeln. — a) Von den leicht abscheidbaren Blutgasen können nur CO_2 und O berücksichtigt werden. Mit dem Sauerstoff-Gehalt des Blutes ändert sich die Athembewegung so, dass sie seltener und weniger tief wird, wenn das Blut reich an diesem Gas ist; nimmt dasselbe ab, so wird der Athem beschleunigter und tiefer, bei noch weiterem Sinken des O-Gehalts wird die Bewegung wieder seltener und tiefer, und endlich, wenn alles absorbirte O-gas verschwindet, wird die Athmung sehr viel seltener und krampfhaft (W. Müller, Setschenow). Wird von da an kein neues O-Gas

*) Die physiologische Anstalt in Heidelberg. p. 146.

zugeführt, so wird die Pause zwischen den Athemzügen immer grösser und die Bewegung zugleich schwächer, bis sie endlich ganz aufhört. — Diese Erscheinung beobachtet man bei der gewöhnlichen Erstickung, bei sehr reichlicher Zuführung von Luft auf dem Wege künstlicher Respiration, nach Einführung von Hemmungen in die Athemwege, auch z. B. nach Lähmung des Recurrens, Zuhalten des Mundes und der Nasenöffnung (Aubert), nach Austreibung des Sauerstoffs aus den Blutkörperchen durch Kohlenoxyd, bei einer Aenderung des O-Verbrauchs in Folge der vermehrten oder verminderten Nahrung, der gesteigerten Wärmebildung, lebhafter Muskelbewegung. — Die Thatsache, dass auch noch nach vollkommenem Verschwinden des O aus dem Blut die Athmung einige Zeit fortdauert, beweist, wie es scheint, die Anwesenheit dieses Gases in den Flüssigkeiten des verlängerten Markes selbst. Die Kohlensäure des Blutes kann, vorausgesetzt, es fehlt dem Blute nicht an Sauerstoff, sehr beträchtlich anwachsen, ohne dass die Athembewegungen dadurch verändert werden; erst wenn das Blut fast vollkommen mit CO_2 gesättigt ist, wird die Athmung flacher und seltener, und sie erlischt endlich unter dem dauernden Einfluss des so beschaffenen Bluts, selbst bei Anwesenheit von viel O in der Athmungsluft (W. Müller). — b) Erregungszustand der Gefühlsnerven*). In einer besondern Beziehung steht der n. vagus zu der Athembewegung. Wird der Halsstamm desselben durchschnitten, so werden die Athemzüge tiefer und seltener; die Verlangsamung ist geringer, wenn ein, bedeutender, wenn beide Nerven verletzt sind.

In letzterm Fall mischen sich erfahrungsgemäss zwei verlangsamende Einflüsse ein, von denen einer sicher darauf beruht, dass die Lähmung des n. recurrens, beziehungsweise die Verengerung der Stimmritze, dem Luftstrom ein Hinderniss setzt; denn die Zahl der Züge, welche nach Durchschneidung der beiden Vagi sehr gesunken war, hebt sich wieder nach Anlegung einer ergiebigen Luftröhrenfistel, aber durchaus nicht auf den Punkt, den sie vor der Nervendurchschneidung einnahm. Da die längerdauernde Zurückhaltung der Luft bekanntlich mit einem unangenehmen Gefühl verbunden ist, so darf der zweite Grund, aus dem die Durchschneidung der n. vagi die Athemfolge seltener macht, mit Wahrscheinlichkeit gesucht werden in der Beseitigung von Reflexen, welche die Lungenluft durch die n. vagi auslöst; durch welchen Umstand sie dieses vermag, ist unbekannt; wahrscheinlich jedoch nicht durch ihren CO_2-Gehalt, da der Aufenthalt in einer Luft, die zugleich an O und CO_2 reich ist, keine Beschleu-

*) Liebmann, l. c. — Traube. Preuss. Vereinszeitung, 1847. — Helmolt, Ueber die reflector. Beziehung des n vagus etc. Giessen 1856. — Aubert und Tschischwitz in Moleschott's Untersuchungen. III. Bd. 272. — Valentin, Die Einflüsse der Vaguslähmung. 1857.

nigung der Athembewegung nach sich zieht. — Ueberlebt das Thier die Durchschneidung einige Zeit, so nimmt die Athembewegung offenbar aus andern Gründen einen besondern Charakter an (Liebmann).

Die elektrische Reizung der centralen, noch mit dem Hirn verbundenen Enden des durchschnittenen n. vagus ist je nach der Stärke der Schläge und der Erregbarkeit der Nervenmasse veränderlich. Während der Einwirkung von Schlägen, die im Verhältniss zur Erregbarkeit sehr schwach sind, folgen sich die Bewegungen rascher und werden oft auch tiefer; wird die Reizung stärker, so steht die Athmung still, jedoch so, dass das Zwerchfell in einen dauernden Krampf geräth (Traube, Aubert). Wie sich dabei die andern Athmungsmuskeln verhalten, ist leider unbekannt. Bei noch weiter gesteigerter Erregung bleibt die Athmung ebenfalls stehen, aber nun verharrt das Zwerchfell in der Exspirationsstellung (Eckhard, Aubert), oder auch in einer solchen, wie sie einer schwachen Zusammenziehung jenes Muskels entspricht, so dass nach dem Aufhören der Schläge das Zwerchfell sich bald nach der Exspirations-, bald aber auch nach der Inspirationslage hin bewegt. Alle diese Erscheinungen kommen sowohl bei ein-, als doppelseitiger Vagusreizung vor.

Aus allem Dem kann man folgern, dass der n. vagus sowohl auf das Organ wirkt, welches geordnete Bewegungen anregt, wie auch auf die Bahnen des n. phrenicus selbst. Beide nn. phrenici müssen immer zugleich jedem Vagus zugänglich sein, da einseitige Reizung der letztern von doppeltseitiger Zusammenziehung oder Erschlaffung des Zwerchfells gefolgt ist, während einseitige Reizung des n. phrenicus nur die zugehörige Zwerchfellshälfte verkürzt (Budge).

Durch Erregung der sensiblen Rückenmarksnerven und des n. quintus kann die Folge und Tiefe des Athmens verändert werden.

c) Die Erregbarkeit des verlängerten Markes. Ihrer Veränderung kann man zuschreiben: die Folgen der Strychnin-Vergiftung, welche sich darin zeigen, dass die Brustmuskeln in einen tetanischen Krampf verfallen nach Anregungen, die sonst eine geordnete Athembewegung auslösen; ferner die Vergiftung durch Chloroform, welche die Befähigung des verlängerten Marks zur Entwicklung von Athmungsreitzen vermindert und auch ganz aufhebt. Ferner die Veränderungen, welche in der Athmung eintreten, nachdem dieselben längere Zeit mit einer bestimmten Beschleunigung und Tiefe ausgeführt wurden, mit einem Wort die Erholung und Ermüdung der reizerzeugenden Einrichtungen. Auch ist es vielleicht hier nicht mehr gewagt, wie am Herzen, wenn man annimmt, dass in der

Zeiteinheit nur eine gewisse Summe von reizender Kraft entwickelt werde, die entweder verwandt werden kann zu einer grössern Zahl von flachen oder zu einer kleinern von tiefen Athemzügen. — Ferner kann man es aus veränderter Erregbarkeit des verlängerten Marks ableiten, wenn in Folge eines Druckes auf das Hirn die Athemzüge seltener und tiefer werden, namentlich wenn der Hirndruck einen solchen Grad erreicht hat, dass davon auch die Pulsschläge voller und seltener werden (Hegelmaier).

d) Die Einwirkungen des Willens können sich in den Athembewegungen mannigfach äussern, denn sie können durch ihn sowohl beschleunigt, als verlangsamt werden; aber alles dieses ist nicht ohne Beschränkung möglich. So kann der Wille die Athembewegungen nicht bis ins Endlose hemmen, da er im Kampf mit den andern Anregungen, die auf das reizentwickelnde Organ oder in ihm wirken, bald unterliegt. Umgekehrt kann er die Athemfolge auch nicht über ein gewisses Maass beschleunigen, schon nicht wegen des Widerstandes der Bewegungswerkzeuge. Je nach der Tiefe der Athemzüge liegen die Grenzen höher oder niedriger. Noch weniger kann der Wille die Bewegungen einzelner Abtheilungen beschleunigen und anderer zugleich verlangsamen, sondern er muss entweder die gesammte Reihe der Athemmuskeln im engern Wortsinn in Bewegung setzen, oder, will er sie beschränken, so kann er es nur in der Ordnung thun, welche auch dem automatischen Organ des verlängerten Marks vorgeschrieben ist. So kann er z. B. die flache Einathmung nicht mit einzelnen Intercostalmuskeln, sondern nur mit dem Zwerchfell ausführen; und will er die Intercostalmuskeln in Bewegung setzen, so muss auch vorher oder gleichzeitig das Zwerchfell sich zusammenziehen. Daraus scheint hervorzugehen, dass der Wille auf den Ort wirkt, wo sich die motorischen Athemnerven schon verknüpft haben, nicht aber auf jeden einzelnen jener Nerven für sich. Diese Punkte bedürfen einer genauen Untersuchung; dasselbe verlangt den Einfluss der Leidenschaften auf die Athemfolge.

Die Uebereinstimmung, welche zwischen den Beschleunigungen der Zug- und Schlagfolge der Brust und des Herzens besteht, ist in die Augen fallend. Quetelet*) und Guy**) geben an, dass im Allgemeinen die Zahl der Herzschläge 4mal so gross bleibe,

*) Der Mensch, übersetzt von Riecke. 1838. 394.
**) Donders und Bauduin, Handleiding. II. Bd. 372.

als die der Athemzüge. Diese Zahl, die, weil sie so ungefähr zutrifft, für praktische Zwecke verwendbar wäre, gilt jedoch nur in engen Grenzen. Bei Thieren, deren Athem- und Pulsfolge in viel grösserm Umfang als beim Menschen schwankt, ist dieses namentlich deutlich. Sinkt bei Hunden die Zahl der Athemzüge unter 12 bis 15 in der Minute herab, so übertrifft sie die der Pulsschläge um mehr als das 4fache, ja selbst um mehr als das 5fache. Wird dagegen umgekehrt ihr Athem lechzend, so ist die Zahl der Pulsschläge gleich der der Athemzüge. Das Ausgesprochene wir durch ein Zahlenbeispiel, welches Arnold gesammelt hat, belegt; als ein Hund, der sich ruhig verhielt und fastete, 27mal in der Minute athmete, schlug sein Puls 83,7mal, also 3,1mal häufiger, und als der Hund 13mal in der Minute Athem holte, sank der Herzschlag auf 59,3, er blieb also 4,6mal beschleunigter. Die Erscheinung, dass nach Durchschneidung der n. vagi die Beziehungen zwischen Athem- und Pulszahl, wenn auch nicht vollkommen gelöst, so doch sehr beträchtlich gelockert sind, beweist, dass die Regelung jener Verhältnisse vorzugsweise dem verlängerten Mark übertragen ist. Da die Reizung des verlängerten Markes die Athembewegungen auslöst und zugleich den Herzschlag hemmt, so könnte es paradox erscheinen, dass mit der Beschleunigung in der Athemfolge auch eine gleiche des Herzschlags eintreten soll. Diese Ungereimtheit verschwindet jedoch, so wie man die Veränderung des Herzschlags nicht mehr als eine Mitbewegung ansieht, die der Athemreiz einleitet. Dächte man sich statt dessen die Beziehung hergestellt durch Aenderungen in der Vertheilung und in dem Drucke des Bluts in der Brust und in dem Hirn, so würde es nicht schwer sein, eine Theorie des Zusammenhangs zu geben.

Die Zahl der unwillkührlichen Athemzüge variirt in der Minute bei Neugeborenen von 23 zu 70 (Quetelet), bei Erwachsenen von 9 zu 40 (Hutchinson). Unter 1897 Personen fand der letzte Beobachter die überwiegende Zahl mit 16—24 Athemzügen begabt.

5. Luftströmung in den Athemwegen. a) Die Triebkräfte des Luftstroms, nämlich der Dichtigkeitsunterschied der Luft in und ausser den Lungen ist in jedem Moment der In- und Exspiration gering, so lange die Zuleitungsröhren offen stehen. Nach manometrischen Beobachtungen von C. Ludwig, Krahmer, Valen-

tin*) beträgt er nur einige MM Quecksilber; dieses ist bei der Leichtbeweglichkeit der Luft nothwendig, da sich ein Minimum eines bestehenden Spannungsunterschieds augenblicklich ausgleicht; darum ist auch der durch den Brustkasten eingeleitete In- und Exspirationsstrom momentan mit der Brustbewegung beendet, wenn die Nase und Stimmritze geöffnet sind.

Bei einer so beträchtlichen Verengerung, dass sie die plötzliche Ausgleichung verhindert, oder bei vollkommenem Verschluss der zu der Lunge führenden Röhren kann die Differenz des äussern und innern Luftdrucks bedeutend gesteigert werden; der Werth derselben ist aber selbst bei demselben Menschen sehr veränderlich, was sich erklärt, wenn man bedenkt, von wie vielen Umständen er abhängig ist. Nehmen wir z. B. an, es sei das Athmungsrohr vollkommen geschlossen, so muss bei der Einathmung die Spannung der Luft um so mehr sinken, je vollkommener die Lunge entleert war, als die Einathmung begann, ferner je geringer die Widerstände sind, welche die Wandungen und Eingeweide der Brust und des Bauchs der ausdehnenden Wirkung der Muskeln entgegensetzen, und endlich, je grösser die ausdehnenden Muskelkräfte selbst sind. — Unter denselben Bedingungen (Verschluss der Stimmritze etc.) muss aber die Spannung in der Brusthöhle bei der Exspiration um so mehr wachsen, je mehr die Brust bei der beginnenden Ausathmung mit Luft gefüllt war, je höher der Elastizitätscoëffizient der Bauch- und Brusttheile ist und je kräftiger die Ausathmungsmuskeln wirken. Bei diesen Variationen kann einer absoluten Bestimmung dieser Spannungsdifferenzen wenig Werth beigelegt werden.

b) Die Geschwindigkeit des Luftstrom ist natürlich variabel mit der Längenachse und dem Durchmesser der Athemwege. Da der Querschnitt der letztern mit der Längenachse wesentlich sich ändert, und namentlich auch zuweilen ganz plötzlich, wie am ausgeprägtesten am Uebergang der Bronchioli in die Infundibula, so kann von einem regelmässig angeordneten Luftstrom keine Rede sein. Die mittlere Querschnittsgeschwindigkeit ist natürlich gegen die Lungenbläschen hin wegen des bedeutend grössern Durchmessers der Athemwege an jener Stelle viel geringer, als in der Luftröhre.

6. Volum des veränderlichen und unveränderlichen Brustraums. a) Der Mensch entleert selbst durch die tiefste Ausathmung, welche ihm möglich ist, nicht alle Luft aus seiner Brusthöhle; das Volum, welches zurückbleibt (residual air von Hutchinson), giebt den unveränderlichen Brustraum. Dieser ist natürlich mit der Beweglichkeit und dem Umfang des Brustkastens (seiner Höhe und Tiefe)

*) Müller's Archiv. 1847. — Haeser's Archiv. IX. Bd. 321. — Valentin, Lehrbuch der Physiologie. 2. Aufl. I. Bd. 529.

sehr veränderlich. Nach einigen Untersuchungen an den Leichen Erwachsener von Goodwin wechselt derselbe zwischen 1500 und 2000 CC.

Eine Methode, um das Volum des unveränderlichen Brustraums bei lebenden Menschen zu bestimmen, giebt Harless *) an. Er lässt eine möglichst tiefe Inspiration vollziehen, nach deren Vollendung Lungenraum und Atmosphäre durch die offen gehaltenen Lippen und Stimmritze in Verbindung bleiben müssen. Die unbekannte Räumlichkeit der Lungenhöhle (x) steht dann unter bekanntem Barometerdruck (b). Darauf bringt er mit dem geöffneten Mund in luftdichte Berührung einen Kasten, dessen Hohlraum mit einem bekannten Luftvolum (v) unter dem den atmosphärischen übertreffenden Drucke b' gefüllt ist. Dann wird durch eine bis dahin verschlossene Oeffnung des Kastens die Luft dieses letztern und der Lunge in Verbindung gebracht, so dass sich die Drücke in beiden Höhlungen ausgleichen zu einem mittleren (b''), beiden Räumen gemeinsamen; dieser kann an einem Manometer des Kastens abgelesen werden. Bekanntlich ist aber das in einem Volum enthaltene Luftgewicht gleich diesem Volum, multiplizirt mit dem Druck, unter welchem die Luft in ihm steht; demnach war das Luftgewicht der Lunge und das in dem Kasten vor der Kommunikation dieser beiden Räume $= x\,b + v\,b'$; dieses Luftgewicht muss aber auch $= (x + v)\,b''$ sein, d. h. gleich der Luft, welche unter dem Druck b'' in x und v nach ihrer Verbindung enthalten ist. Aus der Gleichung $x\,b + v\,b' = (x + v)\,b''$ lässt sich nun x finden. Vorausgesetzt, es sei die Temperatur im Kasten und der Lungenluft vollkommen ausgeglichen oder die Temperatur beider Orte genau bestimmt, wie die Notiz von Harless in Aussicht stellt, so würde sich gegen diese sinnreiche Bestimmungsart doch noch der Einwand erheben, dass das Volum des Lungenraumes vor und nach der Verbindung mit dem Kasten nicht dasselbe geblieben wäre. Denn der Brustkasten ist von beweglichen Wänden und von Blut umschlossen, und somit muss das Volum seines Hohlraums sich ändern mit der Spannung der in ihm enthaltenen Luft. Ist dieses der Fall, so geht die obige Gleichung über in $x\,b + v\,b' = (y + v)\,b''$, d. h. in eine Gleichung mit zwei Unbekannten, und es ist weder x noch y aus ihr zu finden. Wir müssen erwarten, ob Harless diesen Umstand berücksichtigt und den aus ihm hervorgehenden Fehler in enge oder bestimmbare Grenzen eingeschlossen hat.

b) Der Raum der Brust kann zwar bei demselben Menschen je nach der Tiefe der Athembewegung sehr beträchtlich und in unendlich vielen Abstufungen wechseln, aber er ist doch in bestimmte Grenzen eingeschlossen, welche gegeben sind durch den Unterschied der Brustfassung während möglichst tiefer Ex- und Inspiration; das durch diesen Unterschied dargestellte Luftvolum (vital capacity von Hutchinson) wollen wir die grösste Athmungstiefe, Athmungsgrösse nennen. — Ihrer bedient sich bekanntlich der Mensch bei gewöhnlichem unwillkührlichem Athmen nicht, wohl

*) Münchener gelehrte Anzeigen. Sept. 1854. 93.

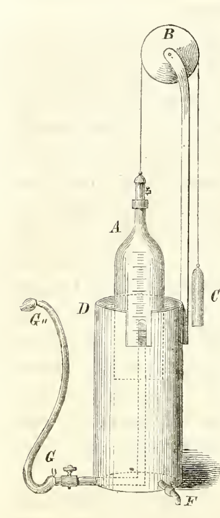
aber, wie wahrscheinlich, immer nur einer annähernd gleichen Luftmenge, indem er jedesmal ungefähr gleich tief ein- und ausathmet; wir wollen dieses Volum als das des mittleren Athmens bezeichnen. Die Bestimmung beider Werthe ist von Interesse.

Der Umfang des tiefsten Athemzugs (die Athemgrösse) ist technisch wichtig geworden als ein Mittel, um die Gesundheit der Brust zu prüfen. Denn es ist von vornherein wahrscheinlich, dass im gesunden Menschen ein bestimmtes Verhältniss besteht zwischen den sauerstoffverbrauchenden Leibestheilen oder einer damit in Verbindung stehenden Funktion und dem Raum der ruhenden Brust, und dass eben ein solches besteht zwischen dem Umfang der ruhenden Brust und ihrer Beweglichkeit. Gesetzt, es gäbe solche Relationen, und gesetzt, sie sollten dazu benutzt werden, um zu unterscheiden, ob dieser oder jener Mensch gesunde Lungen besitze, so müsste die Körpereigenschaft, mit welcher die Brust verglichen wird, zu den relativ unveränderlichsten des Menschen gehören, und in einer so lockern Beziehung zum Brustkorb stehen, dass sie keinenfalls durch erworbene Fehler des letztern verändert würde. Denn wenn der Forderung nicht genügt ist, dass die Eigenschaft, mit welcher der kranke Brustkorb verglichen wurde, noch denselben Werth besässe, der ihm beim Vergleichen mit der gesunden Brust zukam, so würde natürlich der erste Quotient eine ganz andere sachliche Bedeutung haben als der letztere. Aus einer weitern Ueberlegung geht aber hervor, dass, wenn das obengenannte Verhältniss gefunden würde, dieses nicht durch eine einzige Zahl, sondern nur durch einen Zahlenraum ausdrückbar wäre, da bis zu gewissen Grenzen die Brust ihren Mangel an Umfang und Beweglichkeit durch die Häufigkeit ihrer Bewegungen ersetzen könnte. War ausserdem, wie verlangt, ein durch das Leben relativ unveränderter Vergleichungspunkt für die Brust genommen, so muss dennoch das Verhältniss in den Grenzen der Gesundheit beträchtliche Schwankungen erfahren, weil die Eigenschaften der Brust mit Alter, Gewerbe u. s. w. sich ändern.

Hutchinson, der zuerst auf den Gedanken kam, die Brust auf die angedeutete Weise zu prüfen, wählte zu dem von der Athmung hergenommenen Vergleichungspunkt das Luftvolum, welches die tiefste Exspiration nach der tiefsten Inspiration ausathmet. Diese Grösse ist abgeleitet aus dem Umfang der ruhenden Brust, der Beweglichkeit der Rippen, der Lunge, der Eingeweide, der Bauchdecken und aus den Kräften der Athmungsmuskeln; sie will also, wenn sie über die Lungeneigenschaften Aufschluss geben soll, vorsichtig benutzt sein. — Um das Luftvolum zu

messen, bedient er sich eines Gasometers, den er Spirometer nannte; die Fig. 60 giebt ihn nach den Einrichtungen von Wintrich *). Eine graduirte Glasglocke *A*, oben mit einer schliessbaren Oeffnung (zum Auslassen der Luft) und einem Haken (zum Aufhängen) versehen, wird durch das Gewicht *C*, welches über die Rolle *B* zieht, äquilibrirt. Die Glocke taucht in den äussern Wasserbehälter von Blech *D*, der oben mit einem Glasfenster versehen ist. Nahe am Boden wird der Behälter *D* durchbohrt von zwei Röhren; *F* dient zum Auslassen des Wassers aus *D*; das andere Rohr *G* erstreckt sich innen bis unter die Glasglocke *A*. Nach aussen geht es in einen mit dem Mundstück *G''* versehenen Schlauch über. Beim Gebrauch wird die Glocke *A* bis zu einem gewissen Theilstrich ihrer Scala herabgelassen, dann *G''* in den Mund genommen und durch *G* in die Glocke *A* ausgeathmet. Weitere Vorsichtsmaassregeln siehe bei Arnold. Andere Spirometer, die, statt des Athemvolums direkt, eine davon abhängige Grösse messen, siehe in den angezogenen Schriften **). Sie empfehlen sich durch ihre Kleinheit als Taschenspirometer. Als zweiten Vergleichungspunkt wählte Hutchinson die Körperlänge (das Körpergewicht ist ganz unbrauchbar) und statt dessen Fabius die Rumpflänge. Nach Arnold sollen die ersten Parallelen wenigstens eben so gut sein als die letzten. Der Vergleich zwischen diesem Luft- und Körpermaass wurde durchgeführt bei vielen Personen, verschieden an Alter, Geschlecht, Grösse, Gewerbe u. s. w. Neben diesem hat man auch mit der Athemgrösse verglichen den Umfang der ruhenden Brust (über die Brustwarze gemessen), oder den Unterschied dieses Umfangs bei tiefster Ein- und Ausathmung, oder das Produkt dieses Umfangs und der Brusthöhe. Selbstredend bedeuten die hierbei gewonnenen Quotienten etwas ganz anderes als der zuerst erwähnte, welcher aus dem geathmeten Körpervolum hervorging. Da der Brustumfang bei Lungenkrankheiten auffallend sich ändert, so geben sie auch keinen Aufschluss über die Athmungsgrösse, die dem untersuchten Menschen in gesunden Tagen zukommen müsste (Donders) ***).

Fig. 60.



Im Folgenden sind die wesentlichen Resultate der spirometrischen Arbeiten von Hutchinson, Fabius, Wintrich, Schneevogt, J. Vøgel, Arnold u. A. aufgezählt, wie sie Arnold †) zusammengestellt hat. — Die Athmungsgrösse bei Männern: 1) Sie ändert sich mit der Körperlänge. Schliesst man von der Vergleichung die Körperlängen, die unter 150 Ctm. liegen, aus und hält sich an das Mittel aus einer grössern Reihe von Beobachtungen, so darf man sagen, dass bei einer Längenzunahme von je 2,5 Ctm. die Athmungsgrösse um je 150 C.-Cm. wächst

*) Arnold, Athmungsgrösse des Menschen. 1855. p. 9.

**) Bonnet, Gazette méd. de Paris. 1856. — Harless, Theorie und Anwendung des Seitendruck-Spirometers. München 1855.

***) Henle's und Pfeufer's Zeitschrift. N. F. IV. Bd. 304.

†) Physiolog. Anstalt. p. 132.

Im Mittel beträgt der tiefste Athemzug bei Männern von 155 Ctm. Höhe = 2700 C.-Ctm., bei 180 Ctm. Höhe aber = 4200. Diese Regel trifft nicht mehr ein, wenn man einzelne wenige Individuen mit einander vergleicht. — 2) Im Verhältniss zur Rumpfhöhe nimmt die Athmungsgrösse nicht regelmässiger zu, als im Verhältniss zur ganzen Körperlänge. — 3) Zwischen Athmungsgrösse und Körpergewicht besteht keine allgemein gültige Relation. — 4) Athmungsgrösse und Brustumfang stehen im Mittel in der Proportion, dass, wenn von 65 Ctm. an der Brustumfang um 2,5 Ctm. wächst, die Athmungsgrösse um je 150 C.M.M. zugenommen hat; doch gilt dieses Verhältniss nur, wenn man annähernd gleich muskelstarke und fettreiche Männer vergleicht. — 5) Mit dem Unterschied des Brustumfangs in der In- und Exspiration steigt die Athmungsgrösse. — 6) Derselbe Umfangsunterschied in den genannten Stellungen erhöht bei grossem Brustumfang das ausgeathmete Luftvolum mehr, als bei kleinem Brustmaass. — 7) Beweglichkeit und Umfang der Brust nehmen nicht nothwendig mit einander zu. — 8) Die Athemgrösse steigt bis zum 35. Jahre und sinkt von da an wieder; die Zunahme erfolgt am raschesten vom 20. bis zum 25. Jahre und sinkt am raschesten zwischen 45 und 50 J. — 9) Individuen höherer Stände und Arme haben das niedrigste, Seeleute das höchste Athmungsmaass. — 10) Singende und blasende Musikanten haben eine grosse, Ringer und eifrige Turner eine geringe Athemgrösse. — 11) Starke Fettleibigkeit, Anfüllung des Unterleibs mit Speisen oder Koth mindern den Athmungsumfang.

Bei Frauen gelten dieselben Regeln, nur mit der Beschränkung, dass für je 2,5 Ctm. Länge das Athemvolum nur um 100 C.M.M. wächst. Schwangere Frauen haben dasselbe oder öfter ein grösseres Athemmaass, als vor der Empfängniss (Küchenmeister).

Folgende Krankheiten mindern in absteigender Ordnung das Athemmaass: Tuberkulose, pleuritische Ergüsse, Emphysem, chronische Bronchitis, Asthma, Scoliose, Lähmung der Athemmuskeln, Ascites, Leber- und Milzanschwellungen, Katarrhe, allgemeine Körperschwäche.

Das Volum des mittleren Athems ist schwer zu bestimmen, weil sich beim Messen desselben sogleich willkührliche Zusätze und Abzüge einfinden. Unzweifelhaft variirt es aber auch bei verschiedenen Menschen und steht wahrscheinlich in Beziehungen zur Häufigkeit des Athmens, da es offenbar abnimmt, wenn diese über einen gewissen Werth zunimmt. — Vierordt, der in Folge langer Uebung die Fähigkeit gewonnen hatte, das Volum eines unwillkührlichen Athemzugs ungestört zu messen, fand es bei sich zwischen 500 und 600 CC.

7. Mischung der zurückbleibenden und der wechselnden Luft*). Setzen wir beispielsweise das Volum des unveränderlichen Brustraums = 2000 CC. und das des mittleren Athems = 500, so sieht man sogleich, dass beim Athmen nur ein kleiner Theil der ganzen Lungenluft im Wechsel begriffen ist. Demnach wird die neu ein-

*) Bergmann, Müller's Archiv. 1845. 296.

eintretende und die restirende Luft und zwar durch den Athemstrom selbst rasch gemischt, wie daraus hervorgeht, dass die Luft, welche unmittelbar nach dem Einathmen auch wieder ausgeathmet wird, schon so wesentlich ihre Zusammensetzung geändert hat, dass dieses den langsamer wirkenden Diffussionsströmen nicht zugeschrieben werden kann. Die wesentlichsten Hilfsmittel zur Erzeugung dieser, wir wollen sagen, mechanischen Mischung scheinen zu liegen zuerst in der grossen Nachgiebigkeit der Lungenbläschen, neben der relativen Steifigkeit der Bronchialröhren. Dieser Umstand bedingt es natürlich, dass jede Veränderung des Lungenraums zusammenfällt mit der der Bläschen, so dass nur bei sehr bedeutenden Volumsveränderungen der Brust neben den Lungenenden auch die Lungenwurzeln ausgedehnt werden. Bei jeder Einathmung, sei sie auch noch so wenig tief, bewegt sich dagegen die Lungenoberfläche, und zwar immer von dem unbeweglichen Ort des Brustraums (Spitze und Rückenwand) gegen den beweglicheren (Basis und Brustbein) (Donders)*). Darum strömt bei jeder Inspiration Luft aus den Bronchiolis in die weiten Trichter, und stösst dort gegen die zahlreich vorhandenen Vorsprünge, welche die sogen. Lungenzellen begrenzen, so dass der fein eindringende Strom rasch vertheilt wird. Im ähnlichen Sinne muss die enge Stimmritze, müssen die vielen Winkelbiegungen der Bronchi wirken, und endlich muss, um des Kleinsten zu erwähnen, die Mischung auch durch die Flimmerbewegung unterstützt werden.

Luftverändernde Werkzeuge.

Damit der bis dahin eingehaltene Gang nicht unterbrochen werde, verfolgen wir die Schicksale der eingeathmeten Luft sogleich weiter.

Ueber die Festtellung ihrer Veränderungen**). Die Temperaturveränderungen, welche die ausgeathmete Luft erlitten, misst man nach Valentin und Brunner mit einer hinreichenden Genauigkeit, wenn man ein empfindliches Thermometer mittelst eines Korkes in ein längeres Glasrohr befestigt. Eine der Oeffnungen des Rohrs soll bis zur Capillarenweite verengert sein. Die weitere führt man vor den Mund und

---

*) Henle's und Pfeufer's Zeitschrift. N. F. III. 39.

**) Valentin, Lehrbuch der Physiologie. I. Bd. 2. Auflage. 534 u. f. — Handwörterbuch der Chemie von Liebig u. s. w. II. Bd. 1050. — Frankland, Liebig's Annalen. 88. Bd. p. 82. — Moleschott, Holländische Beiträge. I. Bd. p. 86. — Scharling, Liebig's Annalen. 45. Bd. — Derselbe, Journal für prakt. Chemie. 36. Bd. — Andral und Gavarret, Ueber die durch die Lungen ausgeathmete CO_2-Menge. Wiesbaden 1845. — Allen und Pepys, Schweigger's Journal für Chemie und Physik. I. Bd. 196. — Vierordt, Physiologie des Athmens. Karlsruhe 1845. — Prout, Schweigger's Journal für Chemie etc. 15. Bd. — Becher, Studien über Respiration. Züricher Mittheilungen. 1855. — W. Müller, Beiträge zur Theorie der Respiration. Wiener akad. Berichte. XXXIII. Bd. p. 99.

athmet durch dieselbe mehrere Minuten hindurch aus, bis die Temperatur des Thermometers constant geworden ist.

Mit einer Untersuchung der chemischen Veränderungen der Luft verbindet man verschiedene Absichten. Entweder man will nur erkennen, wie sich ihre prozentische Zusammensetzung zu einer beliebigen Zeit gestaltet habe, oder man will auch wissen, wie gross die Gesammtmenge der Gase ist, welche während eines bestimmten Zeitraums von der Lunge verzehrt und geliefert wurde.

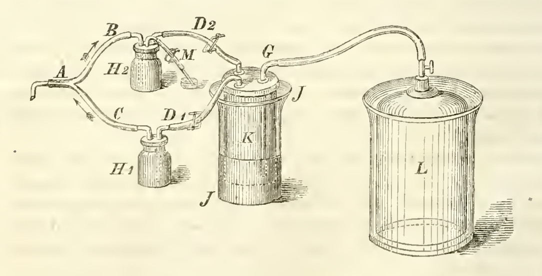
Wenn es sich nur um den prozentischen Gehalt der Ausathmungsluft an O, CO_2, N handelt, so genügt es, eine beliebige Menge der Ausathmungsluft aufzufangen und nach bekannten eudiometrischen Methoden zu analysiren, welche seit Bunsen, Regnault, Frankland einen so hohen Grad von Vollkommenheit und Einfachheit und damit ein sicheres Uebergewicht über die mühseligen Gewichtsbestimmungen gewonnen haben. — Man hat sich dieser vervollkommneten eudiometrischen Methoden noch nicht in allen vorliegenden Untersuchungen bedient; namentlich hat man, wie z. B. in der ausgedehnten Versuchsreihe von Vierordt, versäumt, die Gasvolumina vor und nach der Bestimmung eines ihrer Bestandtheile auf gleichen oder auf bekannten Gehalt an Wassergas zu bringen, und auch oft nicht die nöthige Sorgfalt auf die Temperaturbestimmung gewendet, so dass die in dem Volum des analysirten Gases beobachteten Veränderungen fälschlich alle auf Mehrung eines aus der Luft entfernten Bestandtheils geschoben werden. Die hieraus erwachsenden Fehler sind um so merklicher, wenn, wie es bei den Athemgasen gewöhnlich geschieht, aus den Analysen kleiner Mengen auf die Veränderungen sehr grosser zurückgeschlossen wird, weil sich dann der Fehler in demselben Verhältniss mehrt, in welchem die analysirten zu den berechneten Voluminibus stehen. — Den Prozentgehalt der Ausathmungsluft an Wasserdampf ermittelte man bis dahin dadurch, dass man durch ein Rohr ausathmete, welches mit Asbest von SO_3 befeuchtet gefüllt war. Das vom Mund abgewendete Ende dieses Rohres stand in Verbindung mit einem Ballon, der vor Beginn des Versuchs mit Salzwasser oder Oel gefüllt war. Die in's Rohr gelassene Ausathmungsluft gab an die SO_3 ihren Wassergehalt ab und stieg dann über die Sperrflüssigkeit. Die Gewichtszunahme des Asbestrohres giebt den Wassergehalt des Luftvolums, welches in den Ballon eingetreten ist (Valentin, Moleschott). Bei solchen Versuchen muss die Vorsicht gebraucht werden, zwischen den Mund und die Schwefelsäure kein kühles, durch Erniedrigung der Temperatur wasserausfällendes Mittelstück einzuschalten. Dieses etwas umständliche und durch die nothwendigen Volumbestimmungen der Luft und die Reduktion des beobachteten Volums auf die höher erwärmte der Lunge immer unsichere Verfahren könnte vielleicht mit Vortheil ersetzt werden durch das Thermo- und Psychrometer, mit deren Hülfe die Temperatur und der Sättigungsgrad der Luft zu finden sind.

Viel komplizirtere Versuche sind nothwendig, wenn man den ganzen Gewinn oder Verlust eines oder aller am Gasaustausch betheiligten Stoffe während einer bestimmten Zeit feststellen will. In einem solchen Fall muss natürlich das Gewicht sämmtlicher Luft, welche in die Lunge ein- und ausgeht, bekannt sein, und da dieses, zum grössten Theil wenigstens, nur mit Hülfe eines Raummaasses gewonnen werden kann, so sieht man sogleich die Schwierigkeiten ein, welche sich einer längern Fortsetzung des Versuchs entgegenstellen, wegen der Isolation der grossen Luftmengen, welche aufgefangen werden müssen.

Am relativ einfachsten gestaltet sich der Versuch, wenn man nur die ausgeathmete CO_2 zu wägen beabsichtigt, indem dann die eingeathmete Luft wegen ihres

geringen CO_2-Gehaltes unberücksichtigt bleiben kann. Diese Aufgabe hat man sich vielleicht darum auch am häufigsten gestellt. Die in Anwendung gebrachten Methoden, die ganze Menge der CO_2 zu fangen, sind folgende gewesen: 1) Man brachte Mund- und Nasenöffnung des zu beobachtenden Menschen in einen geschlossenen Raum, z. B. in eine mit einem Fenster versehene Kautschukmasse, leitete durch diesen einen Luftstrom, dessen einseitige Richtung durch Ventile gesichert war; die Luft, welche in die Maske eindrang, kam dorthin aus der Atmosphäre, und die, welche ausdrang, wurde entweder durch eine Reihe von Röhren geführt, deren Inhalt CO_2 und Wasserdampf absorbirte (Scharling), oder in einen luftverdünnten Raum (Andral und Gavarret). Die Gewichtszunahme der Röhren, welche die CO_2 absorbirt hatten, gab im ersten Fall die während der Versuchszeit ausgestossene CO_2; im zweiten Fall wurde nach Beendigung des Versuchs Druck, Temperatur und Volum der durchgetretenen Luft gemessen und eine Probe derselben oder die ganze Masse analysirt. Der Luftstrom, welcher durch die Maske hindurchgeht, wurde bei Andral und Gavarret unterhalten durch die Unterschiede des Luftdruckes, indem nach der einen Seite hin aus der Maske eine Röhre in die Atmosphäre und nach der andern in einen oder mehrere grosse, bei Beginn des Versuchs luftleere Ballons ging. Scharling zog die Luft mittelst eines Aspirators durch, d. h. er legte hinter die Absorptionsröhren ein grosses, mit Wasser gefülltes Fass, welches während des Versuchs seine Flüssigkeit entleerte und sich dafür mit Luft füllte, welche es aus der Maske bezog. Das Wesentliche dieser Einrichtung giebt Fig. 70 wieder. — 2) Die Personen athmeten ungehindert durch die Nase Luft ein und stiessen dieselbe, nachdem sie in der Lunge verweilt hatte, aus durch ein Rohr, das bei geschlossener Nase in einen geschlossenen, ursprünglich luftfreien Raum mündete. Man bestimmte zu Ende des Versuchs Volum, Temperatur und Druck des mit Athemgasen gefüllten Raumes und analysirte eine Probe der wohlgemengten Luft. Indem man also den prozentischen CO_2-Gehalt der ausgeathmeten Luft und das Gesammtgewicht dieser letztern kannte, konnte man auch das Gesammtgewicht der ausgehauchten CO_2 berechnen. — 3) Zu besondern Zwecken wendete W. Müller den durch Fig. 61 versinnlichten Apparat an. Der Zweig *A* des

Fig. 61.

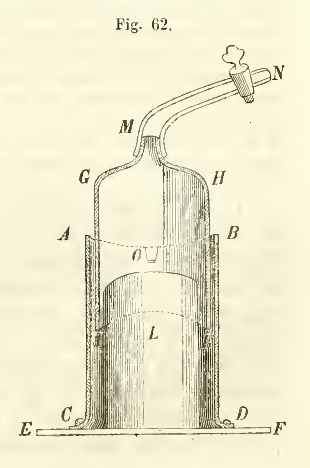


dreischenkeligen Rohrs *A B C* ist in die blossgelegte Luftröhre eines Thieres eingebunden, die Zweige *B* und *C* münden in zwei Quecksilber-Ventile *H1* und *H2,* welche die Luft in entgegengesetzter Richtung, und zwar nach Angabe der Pfeile durchlassen. Aus jedem Ventile geht das ausführende Rohr *D 1* und *D 2* in die Glocke *(K)*, welche in

ein Quecksilbergefäss JJ eintaucht und in die es bis zu jeder beliebigen Tiefe versenkt werden kann. Aus der genannten Glocke, und zwar nahe von ihrer untern offenen Mündung an führt ein Rohr G zu dem mit Quecksilber oder Wasser gesperrten Gasometer L. Ausserdem führt aus dem Ventil $H2$ noch ein drittes Rohr (die Rohre $D2$ und M können durch Quetschhähne verschlossen werden), dessen in die Luft gehende freie Mündung durch Wasser gesperrt ist. — Der Zusammensetzung des Apparats liegt die Absicht zu Grunde, den Athmungshergang mit vorzugsweiser Berücksichtigung der Gas-Absorption durch das Blut zu untersuchen, und zwar mit oder ohne Gegenwart des N. Im letztern Falle wird der Gasometer und die Glocke mit O gefüllt, die Glocke so weit aus dem Hg gezogen, dass das untere Ende des Rohres G frei bleibt; das Rohr $D2$ wird zugeklemmt und M geöffnet. Beginnt in dieser Stellung die Athmung, so geht der O aus L in K, von da durch $H1$ in die Lunge und aus ihr durch das Ventil $H2$ in das Rohr M zur freien Luft. Ist auf diese Weise der Strom so lange geführt worden, bis aller N aus der Lunge entfernt war, so klemmt man M zu, öffnet $D2$ und senkt die Glocke so tief in Quecksilber, dass das untere Ende von G eintaucht. Dann athmet das Thier in die mit O gefüllte Glocke K aus und ein.

Die Methoden, die Luft aufzufangen, waren verschiedenartige. Prout bläst die Luft in eine durch vorgängiges Zusammendrücken entleerte, luftdichte Blase; Vierordt in einen Ballon, der ursprünglich mit Salzwasser gefüllt war; Allen, Pepys und Becher in ein mit Quecksilber gesperrtes Gasometer. Um die Versuche mit einer verhältnissmässig geringern Menge des theuren und schwer zu handhabenden Quecksilbers möglich zu machen, bedienten sich Allen und Pepys zwei kleiner Gasometer, deren jeder nur wenige Athemzüge fassen konnte. Diese wurden abwechselnd benutzt. War einer derselben mit Luft gefüllt, so wurde aus ihm, nachdem der Inhalt durchgeschüttelt und auf sein Volum bestimmt war, eine Probe Luft in ein kleines Röhrchen zur späteren Analyse zurückgestellt und dann wieder mit Quecksilber gefüllt. Unterdess war in das andere Gasometer geathmet und dieses dadurch mit Luft gefüllt worden; man kehrte alsdann zu dem ersten zurück, und während dess wurde aus dem zweiten eine Luftprobe entnommen u. s. f. — Becher gebrauchte dagegen das Gasometer von Despretz oder Döbereiner, dessen Einrichtung durch Fig. 62 erläutert wird. Auf das Brett $(E\ F)$ ist ein Hohlcylinder aus Eisenblech $(A\ B\ C\ D)$ und ein wohlgefirnisster solider Holzcylinder (L) aufgeschraubt, so dass der Hohlraum des Blechcylinders bis auf eine schmale Rinne und einen über dem Holzcylinder stehenden Rand angefüllt ist. In diese Rinne passt möglichst genau eine cylindrische tubulirte Glasglocke $G\ I\ K\ H$; wenn also die Glocke über den Holzpflock möglichst tief eingeschoben ist, so ist der Hohlraum des Cylinders fast vollkommen ausgefüllt; in den übrig bleibenden Rest desselben wird Quecksilber gegossen, das

Fig. 62.



bei möglichst tiefem Eintauchen der Glocke bis in den Tubulus derselben *(M)* hineinreichen muss; bläst man darauf Luft in den mit einem Hahn versehenen Schlauch *(M N)*, so erhebt sich die Glocke, das Quecksilber sinkt in die Rinne zwischen *L* und *A B C D*, und die Luft wird immer gesperrt sein, wenn auch nur so viel Quecksilber vorhanden ist, um die Rinne so weit zu füllen, dass das abgerundete obere Ende des Holzpflockes bedeckt bleibt. Bei *O* ist in den Blechcylinder ein ebenes Glas eingesetzt, um den Stand des Quecksilbers und die Erhebung der graduirten Glasglocke abzulesen. — Die Resultate der Versuche, welche sich des Quecksilbers als Sperrmittel bedienten, verdienen ceteris paribus natürlich den Vorzug vor denen, in welchen man zu gleichem Zwecke Kochsalzlösung anwendete. Denn diese letztere absorbirt merkliche Mengen von CO_2, und es wird diese Absorption um so weniger zu vernachlässigen sein, als die Ausathmungsluft in einzelnen Blasen durch das Sperrwasser hindurchdringt und dann über dem letztern stehend, es in einer beträchtlichen Ausdehnung berührt. Der daraus erwachsende Fehler ist auch kein constanter, weil die vom Sperrwasser aufgenommene CO_2-Menge variirt mit der Berührungsdauer und dem CO_2-Gehalt der Ausathmungsluft. So lange nicht durch direkte Versuche die Grenzen dieses Fehlers dargethan sind, muss man, dem Ausspruch der bessern Gasanalytiker gemäss, behaupten, dass die auf diesem Wege angestellten Versuche nur brauchbar sind, um bedeutende Unterschiede im Kohlensäuregehalt der Ausathmungsluft aufzudecken. — Alle Versuche aber, welche bis dahin nach der unter Nummer 2 aufgeführten Methode angestellt wurden, leiden an dem gemeinsamen Uebelstande, dass sie sich über einen nur kurzen Zeitraum erstrecken. Sie erlauben also bei der ungemeinen Veränderlichkeit in der Absonderungsgeschwindigkeit der CO_2 keinen Schluss auf andere, nicht untersuchte Zeitabschnitte.

Geht man endlich darauf aus, geradewegs zu bestimmen, wie viel O-Gas in den Lungen verschluckt, wie viel HO-Gas dort abgedunstet und wie viel N-Gas eingenommen oder ausgegeben sei, so muss man Menge und Zusammensetzung der in der Versuchszeit ein- und ausgeathmeten Luft kennen. Denn diese Gase sind in beiden Luftarten enthalten und sie können somit nur aus dem Unterschied ihrer Gewichte in den Ein- und Ausathmungsprodukten aufgefunden werden. Bis dahin sind am Menschen solche Versuche nicht angestellt worden. Bei Thieren ist dagegen die Schwierigkeit, die sie darbieten, überwunden, wie wir mittheilen werden, wenn wir auf die staunenswerthe Versuchsreihe eingehen, welche der grosse Physiker Regnault in Verbindung mit Reiset ausgeführt hat. Dort werden wir auch einige indirekte Methoden erwähnen, welche sich das oben bezeichnete Ziel gesteckt haben.

1. Temperatur der Ausathmungsluft. Die in die Lungen aufgenommene Luft muss ihre Temperatur ausgleichen mit derjenigen der Lungenwand, resp. des in ihr strömenden Blutes. Die Zeit, die zu dieser Ausgleichung nothwendig, wächst mit dem Temperaturunterschied zwischen Blut und Luft und dem aufgenommenen Volum der letzteren. So fand z. B. Valentin (gleiche Zahl und Tiefe der Athembewegung vorausgesetzt), dass bei einer Lufttemperatur von $-6{,}3^0$ C. die ausgeathmete Luft auf $+29{,}8^0$ C., bei einer Lufttemperatur von $+19{,}5^0$ C. die ausgeathmete Luft auf $+37{,}25^0$ C., bei einer Lufttemperatur von $+41{,}9^0$ C. die Ausath-

mungsluft auf + 38,1° C. erwärmt oder abgekühlt war. Die zur Ausgleichung der Temperatur nöthige Zeitdauer kann keinesfalls gross sein bei den zahlreichen Berührungen zwischen Luft und Lungenwand.

2. Vermehrung des Wassergehaltes. Die Luft, welche in die Athemwege geführt wird, ist meist niederer temperirt, und somit jedenfalls trockener, als die Ausathmungsluft, welche in den Lungen erwärmt und in vielfache Berührung mit feuchten Flächen gebracht wurde. — Die Luft, welche in die Lungen aufgenommen, wird sich darum rasch mit Wasser sättigen; der Zeitraum, welcher hierzu nothwendig, wechselt mit dem Volum, der Trockenheit und der Wärme der Einathmungsluft. Ueber den absoluten Zeitwerth, der zur Sättigung nöthig, bestehen bedeutende Widersprüche; Valentin behauptet, dass selbst bei rascher Athemfolge die Sättigung für die bestehende Temperatur beendet sei; Moleschott traf sie dann kaum zur Hälfte satt. — Das Gewicht des Lungendampfes, welches wir in der Zeiteinheit ausstossen, variirt nachweislich mit der Zahl der Athemzüge. Hierüber giebt Valentin*) folgende Tabelle, aus welcher hervorgeht, dass das Gewicht des Wasserdunstes sich mindert, wenn die Zahl der Athemzüge in der Minute über sechs steigt.

Zahl der Athemzüge in der Minute.	Mittleres Gewicht des ausgeschiedenen Wassers in Gr. für die Minute.	Mittleres Gewicht des ausgeschiedenen Wassers in Gr. für einen Athemzug.	Zahl der Beobachtungen.
5	0,287	0,057	6
6	0,297	0,049	30
12	0,246	0,021	30
24	0,261	0,010	30
36	0,197	0,005	3
40	0,205	0,005	2

Wünschenswerth würde es sein, zu wissen, wie die Aufenthaltszeit und das Volum der aufgenommenen Luft mit der Athemfolge gewechselt habe. Auch mit der Temperatur der Atmosphäre findet Valentin das Gewicht des ausgestossenen Dampfes veränderlich. In der Kälte sollen gleichviel Athemzüge weniger Dunst zu Tage fördern, als in der Wärme.

Als tägliches Mittel des von ihm ausgehauchten Wassers giebt Valentin (54 Kgr. schwer) 375 Gr. an. Nach einer geringeren Zahl von Beobachtungen fand er es bei 8 Studenten zu 540 Gr.

*) l. c. p. 538.

täglich. Diese Menge repräsentirt natürlich nicht den Wasserverlust, den das Blut durch die Athmung erleidet; um ihn zu finden, würde man von den gegebenen Zahlen die unbekannte Menge des Wasserdunstes abzuziehen haben, welche in der Einathmungsluft enthalten war.

Ueber indirekte Schätzungsmethoden siehe thierische Wärme und Vergleichung der Ausgabe und Einnahme des Blutes.

3. Veränderung der Kohlensäure. Das Gewicht der täglich entleerten CO_2 ist wesentlich bestimmt von der Menge der täglich gebildeten, weil der thierische Körper dieses Gas, fast so rasch wie es entstand, auch wieder und zwar vorzüglich durch die Lunge entlässt. Die Mittel, durch welche sich die Ausstossung der Neubildung anpasst, sind gegeben durch Veränderungen des Unterschiedes der CO_2spannung in der Luft, des Blutes und der Lunge, des Wärmeunterschiedes zwischen dem Blut und der Lungenluft, durch Veränderungen des Blutdrucks und der Berührungsfläche zwischen Luft und Blut.

Theoretische Einleitung. Um die Bedeutung der Bedingungen richtig zu fassen, welche die Absonderungsgeschwindigkeit der CO_2 beherrschen, dienen folgende Erfahrungssätze. Wie bei den entsprechenden Betrachtungen über Wasserbewegung sollen die eingeflochtenen theoretischen Ausdrücke nur Mittel zur leichteren Fasslichkeit sein.

1) Die Kräfte (Spannungen), mit welchen sich die Theilchen eines Gases abstossen, verringern sich mit der abnehmenden Dichtigkeit des Gases (Mariotte'sches Gesetz); diese abstossenden Kräfte können ganz in derselben Weise, wie es p. 44 für das Wasser entwickelt wurde, dazu dienen, Geschwindigkeit oder Spannungen des Gases zu erzeugen, und hier wie dort ist die Geschwindigkeit, welche der Gewichtseinheit Gas mitgetheilt werden kann, proportional dem Unterschied der Spannungen, welche auf den entgegengesetzten Grenzflächen der bewegten Gasart herrschen.

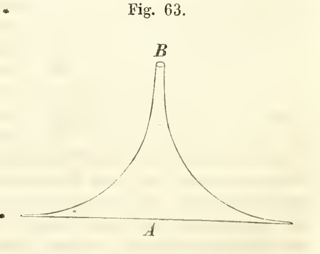
2) Nur die gleichartigen (aus denselben chemischen Atomen und Atomzahlen bestehenden) Gastheilchen üben eine Abstossung gegen einander, oder besser ausgedrückt: in einem Gemenge aus verschiedenen Gasen ist die schliessliche Anordnung jedes einzelnen Theilchens in der Gleichgewichtslage nur abhängig von den Kräften, welche von den ihm gleichartigen Theilchen ausgehen. Während des Uebergangs aus einer Stellung in die andere, also während der Bewegung wirkt dagegen die Anwesenheit anderer Gase hemmend auf die Geschwindigkeit, mit welcher die neue Lage eingenommen wird.

3) Die Geschwindigkeit, mit welcher ein ohne Hinderniss bewegliches Gastheilchen ein anderes fixirtes flieht, wächst mit der Zeit, so dass es in der ersten Zeiteinheit einen kleineren Weg zurücklegt, als in der zweiten, in dieser einen kleineren als in der dritten u. s. f. — Die Unterschiede der Geschwindigkeiten in den Zeiteinheiten (die beschleunigenden Kräfte) nehmen dagegen ab mit der steigenden Zeit. Dieses folgt aus dem Beharrungsvermögen und aus dem ersten Satz, dass die Intensität der abstossenden Kraft sich mit der Dichtigkeitsabnahme mindert. Denn das Gastheilchen

wird die im ersten Augenblick empfangene Geschwindigkeit auch noch in allen folgenden behaupten; dieselbe wird aber in jedem folgenden Augenblick vermehrt durch einen neuen Druck der sich abstossenden Gasmolekeln. Die Anzahl der Stösse, welche das in Bewegung gesetzte Gastheilchen empfangen hat, wächst also mit der Zeit und darum in derselben Weise die Geschwindigkeit. Die Kraft der Stösse nimmt aber von einem zum andern Zeittheilchen ab, weil die Entfernung der beiden Molekeln mit der Dauer der Bewegung steigt, und darum verringert sich mit der steigenden Zeit die Beschleunigung, welche von jenen Stössen abhängt.

4) Die Gesetze, welche für die Bewegung tropfbarer Flüssigkeiten durch Röhren gelten, finden auch ihre Anwendung auf Gase, welche sich im Diffusionsstrom durch Röhren bewegen. Tauchte z. B. die eine Mündung eines Rohrs in einen Behälter voll Sauerstoffgas und die andere Röhrenöffnung in eine Atmosphäre von Kohlensäure, so würden unabhängig von einander zwei Gasströme in entgegengesetzten Richtungen durch das Röhrenlumen laufen, und zwar darum ohne gegenseitige Störung, weil die Sauerstofftheilchen nicht von der CO_2 und diese nicht von jener ihre Anregung zur Bewegung empfangen. Die Bewegungsanregung eines jeden dieser Ströme würde einzig und allein begründet sein in der Abstossung der gleichartigen Gastheilchen, oder, was dasselbe bedeutet, von dem Dichtigkeits- (Spannungs-) unterschied, welcher zwischen den gleichartigen Gastheilchen an den beiden Enden der Röhre besteht. Die Gegenwart der fremden Gasart würde nur insoweit die Strömung beeinflussen, als sie nach Art eines Reibungswiderstandes die Geschwindigkeit behinderte. Vorausgesetzt, man bewerkstelligte es nun durch irgend welche Vorrichtung, dass der Spannungsunterschied am Ende und am Anfang des Rohrs während der ganzen Versuchsdauer unverändert bliebe, so würde sich auch die Geschwindigkeit eines jeden Stroms in dieser Zeit constant erhalten, und es müsste, weil eine Bewegung materieller Theilchen vor sich geht, die Geschwindigkeit abhängig sein einerseits von dem Spannungsunterschied, und andererseits von den Reibungen und dem Widerstande, welche die Anordnung der Röhre mit sich bringt. Da es den Anschein hat, als ob diese Behauptungen der Theorie an sich klar wären, so betonen wir der physiologischen Wichtigkeit wegen nur, dass die Dimensionen des Rohrs von Einfluss sind auf die Geschwindigkeit des Diffusionsstroms nach der Röhrenlänge. Nehmen wir an, es sei uns ein trichterförmiges Rohr *A B* Fig. 63 gegeben, in welcher ein Sauerstoffstrom von *B* nach *A* und ein Kohlensäurestrom von *A* nach *B* gehe. Gesetzt, es sei der Unterschied der grösseren Kohlensäuredichtigkeit bei *A* und der geringere bei *B* gleich demjenigen für den Sauerstoff bei *B* (der grössern) und *A* (der geringern), so würden die Triebkräfte, welche den CO_2strom bewegen, doch grösser sein, als diejenigen, welche die Sauerstoffbewegung einleiten und darum auch die Geschwindigkeit des ersteren über die des letzteren überwiegen. Dieses ist ohne weiteren Beweis einleuchtend, weil bei gleicher Spannung in den Gasflächen die Zahl der CO_2theilchen, welche von *A* nach *B* hin drücken, grösser ist, als die der Sauerstofftheilchen, welche von *B* nach *A* hin drängen. Wir machen im Voraus darauf aufmerksam, das der CO_2strom beginnt von der Lungenoberfläche, welche eine Ausbreitung von vielen Quadratfussen

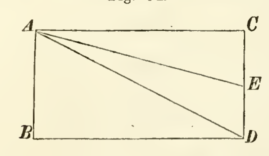
Fig. 63.



besitzt, und in der engen Luftröhre mündet, während umgekehrt der Sauerstoffstrom von den Wurzeln gegen die Enden der Lunge streichen muss.

5) Setzen wir voraus, es wäre uns ein geschlossener Raum gegeben, welcher mit einer beliebigen Gasart, z. B. mit atmosphärischer Luft, gefüllt sei, und es werde eine beliebige Grenze dieses Raums in Verbindung gebracht mit einer andern Gasart, z. B. CO_2, deren Dichtigkeit unveränderlich gedacht wird, Bedingungen, wie sie annähernd in der Lunge verwirklicht sind, so werden wir behaupten dürfen: a) Die Geschwindigkelt des Diffusionsstroms aus der CO_2 in die Luft nimmt ab, wenn die Zeit des bestehenden Diffusionsstroms zunimmt, und insbesondere wird sich die Geschwindigkeitsabnahme so gestalten, dass sie im Beginn des Diffusionsstroms rasch und mit der wachsenden Dauer desselben langsamer und langsamer absinkt. Abnehmen muss die Geschwindigkeit überhaupt, weil die treibenden Kräfte, oder der Dichtigkeitsunterschied der CO_2, zwischen der angenommenen Grenzfläche und dem geschlossenen Raum mit dem Eindringen von CO_2 in den letztern geringer werden muss. Im Beginn der Zeit, wo der geschlossene Raum vollkommen CO_2frei war, wird der Strom unter der ganzen Spannung der angrenzenden CO_2 eintreten; im nächsten Augenblick wird der Strom schon gehemmt durch die zuerst eingetretene CO_2 u. s. f., und die Geschwindigkeit muss also immer langsamer werden. Daraus geht auch hervor, dass die Geschwindigkeitsabnahme nicht im geraden Verhältniss zum Wachsthum der Zeit erfolgen kann. Die Geschwindigkeit wird auf Null herabsinken, wenn die CO_2-spannung im geschlossenen Raum und an der angenommenen Grenzfläche gleich geworden ist. — b) Der Zeitraum, welcher verfliesst, bis die Dichtigkeit der CO_2 in dem geschlossenen Raum und der Grenzfläche gleichwerthig ist, wächst (bei gleicher Berührungsfläche und gleicher ursprünglichen Spannung der CO_2) mit dem Cubikinhalt des Raumes; er nimmt dagegen ab (bei gleicher Spannung und gleichem Cubikinhalt des Raumes) mit der Berührungsfläche, und (bei gleicher Berührungsfläche und gleichem Cubikinhalt) mit abnehmender Anfangsspannung. — c) Das Maximum des Dichtigkeitsunterschiedes, welches die CO_2 während der Stromdauer in den verschiedenen Querschnitten des geschlossenen Raumes darbietet, nimmt mit der Zeit ab; mit der nähern Bestimmung, dass die Abnahme während gleicher Zeiten um so geringer wird, je entfernter die Zeit vom Beginn des Stromes liegt. Zur Verdeutlichung dieses Satzes ziehen wir die Fig. 64 herbei. Stellen wir uns ihr entsprechend den geschlossenen Luftraum als einen Hohlcylinder vor, der mit einer seiner Grundflächen AB in ein Kohlensäuremeer von constanter Dichtigkeit taucht, so wird der Ort der höchsten Spannung immer auf der Fläche AB und der der niedrigsten auf der entgegengesetzten Grundfläche CD zu finden sein. Denn es ist das Fortschreiten des Diffusionsstromes eine Folge der fortlaufend veränderten Dichtigkeit (nicht etwa einer Wellenbewegung) und es muss demnach, wenn die Bewegung von einem an AB näheren zu einem von AB entfernteren Ort gehen soll, die Spannung an dem erstern höher als an dem letztern sein. Das Maximum des Dichtigkeitsunterschiedes wird also immer gefunden, wenn man die auf der Fläche CD bestehende Spannung abzieht von der constanten in AB. Wir wollen uns nun der Einfachheit wegen die Dichtigkeit der CO_2 an beiden Orten gemessen denken durch die gleichen Längeneinheiten der Linien CD und AB. Die vorhin ausgesprochene Behauptung würde demnach, auf den Fall in Fig. 64 übergetragen, so lauten, dass die

Fig. 64.



Dichtigkeit der CO_2 auf der Fläche *CD* in kürzerer Zeit von Null auf halb *DC* (von *D* auf *E*) ansteigt, als von halb *DC* auf ganz *DC*. Dieses rechtfertigt sich aber dadurch, dass die absoluten Mengen von CO_2, welche zur Herbeiführung eines gleichen Zuwachses von Dichtigkeit auf *CD* nothwendig sind, gleich sein müssen. Die Menge der CO_2 aber, welche ein Strom unter Voraussetzung gleichen Querschnitts in der Zeiteinheit mit sich führt, ist natürlich proportional dem Spannungsunterschiede der CO_2 am Beginn und Ende der Strombahn (= der Geschwindigkeit derselben). Nun bewegt sich aber, wenn die Dichtigkeit in *CD* von Null *(D)* auf $^1/_2$ *DC (E)* anwächst, der Spannungsunterschied zwischen ganz und halb *DC* (sein arithmetisches Mittel in diesen Grenzen ist = $^3/_4$ *DC*), während er sich bei dem Ansteigen der Spannung von $^1/_2$ *CD (E)* auf ganz *DC (C)* zwischen ein halb *DC* und Null bewegt (sein arithmetisches Mittel ist = $^1/_4$ *DC*). Die Stromgeschwindigkeit wird also zwischen *E* und *D* auch viel grösser sein, als zwischen *E* und *C*. — Die soeben gewonnene Erfahrung führt uns weiter zu der Behauptung: d) Die Curve der Dichtigkeit, beschrieben über die Achse des geschlossenen Raumes, nimmt mit der wachsenden Stromdauer an Steilheit ab. Zum Verständniss dieses Satzes ist zunächst die Erläuterung einiger Ausdrücke nothwendig. Achse des geschlossenen Raumes nennen wir die gerade Linie, welche einen Punkt höchster mit dem zunächst gelegenen niedrigster Spannung verbindet. In dem Beispiel, welches Fig. 64 darstellt, würden also alle Linien, welche der Cylinderachse parallel laufen, als Achsen des geschlossenen Raumes zu bezeichnen sein. Dächten wir uns nun auf eine dieser Achsen der Reihe nach die verschiedenen Dichtigkeiten der CO_2 und zwar als Ordinaten aufgetragen, die in den Orten enthalten sind, welche die Achse durchschneidet, so würden wir die Curve der Dichtigkeit erhalten. Die Curve der Dichtigkeit giebt also nichts anderes als einen Ausdruck für die Vertheilung der CO_2 nach einer bestimmten Richtung des geschlossenen Raumes, und darum will die obige Behauptung nichts anderes sagen, als dass die Spannungsunterschiede, welche die Längeneinheit des Stromes an einer beliebigen, aber bestimmten Stelle desselben darbietet, mit der Stromdauer abnimmt, und ferner, dass die Zeit, welche zur gleichwerthigen Verminderung dieser Unterschiede nothwendig ist, mit der Dauer des Diffusionsstromes wächst. Die Nothwendigkeit dieses Satzes leuchtet gleich ein, wenn man, wie dieses in Fig. 64 geschehen, annimmt, dass die Dichtigkeit auf der Achse *(BD)* abnehme proportional der Entfernung ihrer Punkte von dem Anfangsorte höchster Spannung *B*. Unter dieser Voraussetzung geht bekanntlich die Steilheit der Spannungscurve *AE* und *AD* an jedem beliebigen Abschnitte der Achse proportional dem Maximum des Spannungsunterschiedes, welches in dem Raume enthalten ist. Dieser letzte Zusatz gilt nun allerdings nicht mehr, wenn die Curve der Spannung einen gekrümmten Verlauf angenommen hat, indem dann nicht überall die Spannungsunterschiede proportional dem Maximum desselben abgenommen haben werden, aber immerhin muss sich auch hier die Abnahme des grössten Unterschiedes vertheilen auf den Verlauf der Curve und diese somit im Allgemeinen an Steilheit abnehmen. — Bei der praktischen Bedeutung, welche der Curve der Dichtigkeit zukommt, wäre es wünschenswerth, ihre allgemeine Form zu entwickeln in einem geschlossenen Raume von der Gestalt der Lungenhöhle. Bei der Complikation dieser letzteren ist dieses aber unmöglich; wir müssen uns also mit dem gegebenen ungefähren Ausdruck befriedigen.

6) Die Temperaturunterschiede der Orte, von und zu denen die Strömung geht, sind bedeutungsvoll, weil sie bei gleicher Dichtigkeit des Gases einen Spannungsunterschied desselben erzeugen; denn mit der steigenden Temperatur mehrt sich die

abstossende Kraft der Gastheilchen. Eine gleichmässige Erhöhung oder Erniedrigung der Temperatur an allen Orten des Diffusionsstroms könnte auf diesen nur einflussreich sein durch Veränderung einer etwa bestehenden Reibung.

7) Bis dahin verfolgten wir den Gang der CO_2-Diffusion im freien oder nur lufterfüllten Raum; wir werden nun betrachten, wie sich die Spannung und Geschwindigkeit jenes Diffusionsstroms an der Grenze zwischen Flüssigkeit und Luft, oder mit Rücksicht auf die Athmung ausgedrückt, wie sie sich an der Grenze zwischen Blut- und Luftröhren der Lunge verhalten. Die hier in Frage kommenden Gesetze sind von Stefan*) einer mathematischen Untersuchung unterworfen worden, deren Ergebnisse mit der Erfahrung vollkommen übereinstimmen. Nach seinen Annahmen wird, wie beim Uebergang der Gase aus einer Luftschicht in eine andere, auch in der Grenzschicht zwischen Flüssigkeit und Luft die Geschwindigkeit des Stroms bestimmt durch den Spannungsunterschied der Gase diesseits und jenseits jener Schicht. Die Abweichung der Vorgänge an den beiden verschiedenen Orten besteht nur darin, dass die Spannung der Gase in der Flüssigkeit in anderer Weise von der Dichtigkeit derselben abhängt, als im freien Luftraum, und dass den Gasen beim Durchgang durch die Flüssigkeit ein anderer Reibungswiderstand entgegensteht, als in der Luft. Von dem Einfluss des letzteren Umstandes müssen wir einstweilen noch ganz absehen, da er keine praktische Erledigung gefunden. Von der Spannung der Gase lässt sich dagegen aussagen, dass sie in der Luft wie in der Flüssigkeit unter Voraussetzung gleicher Temperatur mit der Dichtigkeit wächst; aber wenn in dem Luftvolum V die Gasmenge A zerstreut ist, so ist der Druck p, den sie erzeugt, $= \frac{A}{V}$, d. h. die Spannung ist nur abhängig von dem Verhältniss des Luftvolums zu der in ihm vorhandenen Gasmenge; wenn dagegen das in dem gleichgrossen Flüssigkeitsraum V absorbirte Gas denselben Druck erzeugen soll, so muss die Menge dieses Gases $= \alpha A$ sein, so dass $p = \frac{\alpha A}{V}$ ist. Hier bezeichnet α den Absorptionscoeffizienten oder das Volum Gas, welches bei der angenommenen Temperatur von der Raumeinheit der Flüssigkeiten aufgenommen werden kann. Um den Inhalt dieser Gleichungen durch ein Zahlenbeispiel aufzuklären, nehmen wir an V, d. i. das gleiche Volum von Flüssigkeit und Gas, sei = 1 C. C., der Druck p, welcher nach vollendeter Absorption dem Gas in Luftraum und in der Flüssigkeit zukomme, sei = 1,0 Metr., und der Absorptionscoëffizient sei = 0,8, so wird die Menge des Gases in dem freien Raum = 1,0 und in der Flüssigkeit = 0,8 sein.

Stefan hat mit Zuhilfenahme der angedeuteten Grundlagen das Verschlucken und Abdunsten von Gas unter sehr verschiedenen Bedingungen untersucht; von seinen Erörterungen sind für die Athmung namentlich folgende von Wichtigkeit: Wieviel Gas ist aus der Luft in ein gegebenes Volum von Flüssigkeit eingetreten nach Ausgleichung des Druckes in beiden, und zwar wenn entweder der Luftraum unbeschränkt war, so dass der Druck des freien Gases durch den Absorptionsvorgang selbst nicht geändert wird, oder wenn auch der Luftraum von beschränkter Ausdehnung war, so dass sich der Druck des freien Gases durch die Absorption selbst änderte. Unter denselben Bedingungen hat er weiterhin untersucht, wie sich die Geschwindigkeit der Strömung in der Grenzfläche zwischem freiem Gas und Flüssigkeit ändert mit der

*) Wiener akademische Sitzungsberichte XXVII. 375.

wachsenden Zeit, und demnach auch die Gasmenge bestimmt, die in jedem Zeitabschnitte während der bestehenden Absorption in die Flüssigkeit übergeht. Ausser der Absorption hat er auch die Abdunstung von Gas berücksichtigt und namentlich untersucht, wie sich das letztere verhält, wenn eine Flüssigkeit ihr Gas von constantem Druck in einen beschränkten Raum entlässt; auch hier hat er die mit der Zeit abnehmende Geschwindigkeit und die in jedem Zeitintervall austretende Gasmenge festgestellt. So wichtig dieser Inhaltsanzeige nach die Resultate seiner Untersuchung, die überall von der Erfahrung bestätigt werden, für die Athmungslehre sind, so können sie hier doch nicht mitgetheilt werden, weil die gefundenen Formeln ohne Anwendung des höhern Calcüls nicht verständlich sind.

8) Da die verdunstbare CO_2 des Blutes nicht allein gelöst, sondern zum Theil auch anderweitig gebunden ist, so könnte es fraglich sein, ob die Gesetze, welche für die Abdunstung des einfach absorbirten Gases gelten, auch für die Athmung in Betracht kommen. Nach zahlreichen Erfahrungen kann es keinem Zweifel unterliegen, dass der Theil der verdunstbaren CO_2, welcher nicht gebunden, sondern nur gelöst ist, gerade so abdunstet, wie wenn der gebundene Antheil des Gases gar nicht vorhanden wäre. Der Unterschied zwischen dem Blut und einer anderen von gebundener CO_2 freien Flüssigkeit würde also günstigsten Falles darin bestehen, dass bei der Abdunstung aus dem Blut neben der Spannung der aufgelösten auch noch die der gebundenen CO_2 in Betracht käme. Aber auch dieser Unterschied scheint nicht zu bestehen unter den Bedingungen des normalen Lebens; es scheint nämlich, als ob nur der locker gebundene Gasantheil an der Athmung Theil hätte. Wir schliessen dieses daraus, weil bei den gewöhnlichen Absorptionsversuchen mit Blut erst unterhalb sehr niedriger Druckgrenzen sich die Anwesenheit der gebundenen CO_2 bemerklich macht, und aus der Aehnlichkeit (nicht Uebereinstimmung) des Verhaltens der im Blut gebundenen CO_2 mit derjenigen, welche aus einer Lösung von $2NaOCO_2$ entweicht. Wenn nämlich bei einer Temperatur von 23^0,6 C. in Wasser so viel $2NaOCO_2$ enthalten ist, dass die Menge der gebundenen, aber verdunstbaren CO_2 so viel wie im Blut beträgt, so genügt die Anwesenheit von 1,0 pCt. CO_2 in dem darüber stehenden Luftraum, um die Verdunstung dieses Gases aus der Flüssigkeit zu verhindern (L. Meyer*). Im Leben sinkt aber der CO_2-Gehalt der Lungenluft nie auf jenen Werth, sondern er erhält sich immer weit darüber. Demnach würde man sich für berechtigt halten, die gebundene CO_2 des Blutes von der Betheiligung an der Athmung auszuschliessen, wenn man wüsste, ob die an $2NaoPhO_5$ gebundene CO_2 sich eben so verhalte, wie die an $NaOCO_2$ geknüpfte. Es wäre wünschenswerth, dieses durch besondere Versuche zu ermitteln.

Die folgende Darstellung der Schwankungen in der CO_2-Ausscheidung untersucht der Reihe nach den Einfluss der Athem- und Blutbewegung, der Luft- und Blutzusammensetzung und endlich der verschiedenen Zustände der Lungenwand.

Athembewegung. Im Ruhezustand des Brustkastens ist der Lungenraum mit Luft gefüllt, welche, in feine Bläschen ver-

*) Gase des Blutes p. 42.

theilt, durch Wandungen von einer sehr grossen Ausdehnung begrenzt wird; diese letzteren sind durchzogen, man könnte sagen, gebildet von einem dichten Blutgefässnetze, dessen Inhalt verdunstbare CO_2 führt. Insofern also die Luft in dem Lungenraum jemals CO_2-frei war, wird sie sogleich einen Antheil dieses Gases empfangen, und dieser Antheil wird, alles Andere gleich gesetzt, mit der Zeit ihres Verweilens in der Lunge so lange wachsen, bis sie die Spannung der CO_2 im Blute angenommen hat. Bevor jedoch diese Ausgleichung eintritt, geschieht eine Einathmung, durch welche CO_2-freie Luft theils mit der bis dahin vorhandenen vermengt und theils über die bis dahin vorhandene geschichtet wird. Das erstere geschieht, wenn die Einathmung zu umfänglich ist, um nach Verdrängung der Luft aus den Bronchien in diesen Platz zu finden, so dass ein Theil der eingeathmeten noch in die Bläschen gelangt; der in den Bronchien zurückbleibende Theil der neu eingetretenen Luft ist die aufgeschichtete. Nach längerem oder kürzerem Verweilen wird sämmtliche mit der Einathmung aufgenommene Luft wieder ausgestossen, nachdem sie natürlich durch Diffusion und Mischung CO_2 empfangen, und es bleibt nach dieser Exspiration ein Gasgemenge zurück, welches weniger CO_2 enthält, als das unmittelbar vor der Inspiration vorhandene. Der CO_2-Gehalt desselben steigt von Neuem, und es wiederholt sich dann der frühere Vorgang u. s. f. Bei einer solchen Einrichtung unseres Apparates dürfen wir, alles Uebrige gleichgesetzt, erwarten:

a) Nach vollendeter Einathmung wird die Dichtigkeit der CO_2 in den Lungen (oder der Prozentgehalt ihrer Luft an CO_2) abnehmen von den Lungenwänden hin gegen das Centrum der einzelnen Höhlenabtheilungen und von den engeren Röhren (den Infundibulis) gegen die weiteren (die Bronchien). Der Unterschied der Dichtigkeit an diesen verschiedenen Orten wird abnehmen mit der Aufenthaltszeit der Luft in der Lunge. Allen, Pepys und Vierordt, welche bei ihren Versuchen auf diesen Umstand Rücksicht nahmen, fanden in der That, dass die Luft, welche in dem Beginn der Ausathmung ausgestossen wird, ärmer an CO_2 ist, als diejenige, welche am Ende der Ausathmung erscheint. Der grössere Theil ersteren Luftquantums kommt aber unzweifelhaft aus den Bronchien, der letztere ursprünglich aus den Lungenbläschen. Dieser Unterschied des CO_2-Gehaltes verschwindet jedoch nach Vierordt*), wenn die

*) l. c. p. 174.

eingeathmete Luft 40 Sec. lang in der Lunge verweilte, bevor sie wieder ausgestossen wurde. Da zu dieser Zeit, wie wir sehen werden, der CO_2-Strom von dem Blut zu der Luft noch nicht geschlossen ist, so muss man annehmen, dass auch dann noch Unterschiede bestehen, die aber durch den Versuch nicht nachweisbar waren (siehe die theoretischen Betrachtungen 5. c und d).

b) Die mittlere Dichtigkeit (der Prozentgehalt) der CO_2 in der ausgeathmeten Luft wird um so mehr zugenommen haben, je länger die eingeathmete Luft in der Lunge verweilte und je kleiner das eingeathmete Luftvolum gewesen war (Vierordt). Um den ersteren Theil dieses Satzes festzustellen, genügt es, in kurz aufeinander folgenden Zeiten Ein- und Ausathmungen von immer gleichem Volum auszuführen und die aufgenommene Luft der Reihe nach kürzere und längere Zeit zurückzuhalten, bevor sie wieder ausgestossen wird. Als Beispiel für den Gang der Sättigung führen wir eine mit genauen Hilfsmitteln angestellte Versuchsreihe von E. Becher an. In dieser wurden im Mittel 4560 CC. Luft ein- und ausgeathmet; die Dauer der Einathmung betrug 2 bis 3 Sec., die Zeit des Zurückhaltens der Reihe nach 0, 20, 40, 60, 80, 100 Sec. Der mittlere Prozentgehalt der Ausathmungsluft an CO_2 betrug nach 0 Sec. = 3,6 pCt., nach 20 Sec. = 5,6 pCt., auch 40 Sec. = 6,3 pCt., nach 60 Sec. = 7,2 pCt., nach 80 Sec. = 7,3 pCt., nach 100 Sec. = 7,5 pCt. Werden diese Zahlen in ein Coordinatensystem eingetragen (Fig. 65), dessen Abscisse die Zeit, dessen Ordinate die CO_2-Prozente misst, so geben dieselben die einliegende Curve, welche uns zeigt, dass die Zuwüchse, welche die Dichtigkeit der CO_2 in gleichen Zeiten empfängt, rasch abnehmen, wenn die Zeitdauer des Zurückhaltens der Luft wächst. In Zahlen ausgedrückt, wuchs nemlich von 0 bis 20 Sec. der Gehalt um 2,0; zwischen 20 und 40 Sec. um

Fig. 65.

0,7; zwischen 40 und 60 um 0,9; zwischen 60 und 80 um 0,3 und zwischen 80 und 100 um 0,2 pCt. Die einzige Zahl dieser Reihe, welche freilich innerhalb der Fehlergrenzen von dem durch die Theorie verlangten Gange abweicht, ist wahrscheinlich die dritte zwischen 40 und 60 Sec. gelegene.

Stefan*) hat diese Erfahrungen mit seiner Theorie verglichen, indem er seine Gleichungen eigends für diesen Zweck umformte; dann hat er drei Zahlen von Becher benutzt, um daraus die Constanten zu finden, und für die anderen 3 folgenden Werthe berechnet.

Zeit	CO_2-Procente		Unterschiede
	beobachtet	berechnet	
Nach 0 Sec.	3,6	3,0	— 0,6
Nach 40 -	6,3	6,7	+ 0,4
Nach 80 -	7,3	7,4	+ 0,1

Diese Uebereinstimmung ist als eine sehr gute anzusehen, da Becher selbst bei zwei unter ganz gleichen Umständen ausgeführten Versuchen Fehler von 0,2 pCt. erhielt. Sollte sich bei weiteren Versuchen diese Uebereinstimmung bestätigen, so würde eine Fortsetzung der Beobachtungen nach dem vorliegenden Plane sehr wünschenswerth sein.

Setzt man die Rechnung mittelst der Gleichung von Stefan fort, so zeigt sich, dass das Maximum, welches die CO_2-Prozente in der Lungenluft bei der vorliegenden Versuchsreihe annehmen konnten, = 7,57 pCt. war. Demnach dürfte mit einer für praktische Zwecke genügenden Genauigkeit angenommen werden, dass nach 100 Secunden die Ausgleichung zwischen der CO_2-Spannung in der Lungenluft und in dem Blute erfolgt wäre. Unter diesen Voraussetzungen könnte man, wenn Druck und Temperatur der Lungenluft bekannt wäre, aus obigen Versuchen den Absorptionscoëffizienten des lebenden Blutes für CO_2 ableiten. — Auch liesse sich aus den Versuchen finden, wie gross das Luftvolum ist, welches vor der Inspiration in der Lunge noch vorhanden war; dasjenige, welches wir früher den unveränderlichen Brustraum nannten (p. 493).

Vierordt giebt eine Beobachtungsreihe, aus der hervorgeht, dass ein kleines Volum eingeathmeter Luft kürzere Zeit in der Lunge zu verweilen braucht, um den CO_2-Gehalt zu gewinnen, welchen ein bedeutenderes in längerer Zeit erreicht. Als er nemlich 500 bis 600 CC. Luft mit je einer Einathmung einzog und 1800 CC. ausstiess und in einer andern Reihe möglichst tief inspirirte und jedesmal etwa 3600 CC. ausathmete, so gab er in der ersten Reihe nach 20 Sec. Zurückhaltens eine Luft mit 6,5 pCt. CO_2; nach 40 Sec. = 7,2 pCt. und nach 60 Sec. = 7,4 pCt. In der zweiten Reihe enthielt dagegen die Luft nach 20 Sec. = 4,8 pCt., nach 40 Sec. = 5,2 und nach 60 Sec. = 6,0 pCt. CO_2. — Allerdings

*) Wiener akademische Sitzungsberichte. 27. Bd. 396.

sind beide Reihen nicht ganz vergleichbar; in dieser Beobachtung besonders nicht, weil in der ersten Reihe die ausgeathmete Luft in überwiegender Menge aus solcher bestehen musste, welche länger als die bezeichneten Zeiten in der Lunge zurückgeblieben war. Hätte man aber auch diese Ungleichheit beseitigt, so würden sich dennoch die beiden Versuchsreihen durch mehr als durch blosse Volumunterschiede der aufgenommenen Luft unterscheiden. Das grössere Volum dringt tiefer in die Bläschen und mischt sich dort inniger, und, um es aufzunehmen, müssen sich die Lungenwände mit ihren Gefässen, d. h. die Berührungsflächen zwischen der Luft und den CO_2-abdunstenden Häuten weiter ausdehnen. Dieser Grund kürzt die zur Sättigung nöthige Zeit wieder ab, während sie die Volumvermehrung für sich allein verlängert.

c) Die mittlere Geschwindigkeit der CO_2-Strömung in den Lungenraum hinein steigt mit dem Volum der in der Zeiteinheit (Minute) eingeathmeten Luft und mit der Geschwindigkeit des Luftwechsels (Vierordt). Dieses geschieht darum, weil durch die Ventilation die Dichtigkeit der CO_2 in der Lungenluft vermindert und der Spannungsunterschied zwischen der CO_2 im Blut und in der Luft erhöht wird. Man könnte also auch sagen, die Geschwindigkeit der CO_2-Strömung und damit die absolute Menge von CO_2, welche in der Zeiteinheit durch die Lunge entleert wird, steigt, wenn der prozentische CO_2-Gehalt in der ausgestossenen Luft abnimmt. Der scheinbare Widerspruch, dass die absolute Menge der CO_2 in der Ausathmungsluft wächst mit der abnehmenden Dichtigkeit derselben, löst sich, wie begreiflich, leicht; denn wenn der prozentische CO_2-Gehalt der Luft abgenommen, so hat sich in ungemein reichlicherer Weise die Menge der in der Zeiteinheit ausgestossenen Luft gemehrt. — Die Athembewegungen sind nun im Stande, dasselbe Luftvolum auf zwei verschiedene Arten in die Lunge zu führen, entweder durch zahlreichere und flachere oder durch seltenere und tiefere Züge. Bei gleichem Volum der wechselnden Luft wird der letztere Respirationsmodus die Menge der ausgeführten CO_2 mehr steigern, als der erstere, denn es begünstigt derselbe die mechanische Mischung der zurückbleibenden und der eingeathmeten Luft, und er vergrössert auch die Berührungsfläche zwischen der letzteren und dem Blute. Die Versuche von Vierordt geben folgende Zahlen:

	Zahl d. Athemzüge in der Minute.	CO_2-Gehalt d. Luft in Prozenten.	Luftvolum, in d. Minute ausgeathmet, in CC.	CO_2-Volum, in d. Minute ausgeathmet, in CC.
1. Reihe.	6	5,1	3000	168
"	12	4,1	6000	246
"	24	3,3	12000	372
"	48	3,0	24000	720
"	96	2,7	48000	1296
2. Reihe.	12	5,4	3000	162
"	12	4,5	6000	270
"	12	4,0	12000	480
"	12	3,4	24000	816

Vergleicht man die Zahlen je einer dieser Reihen, so sieht man sogleich, dass, wenn die absolute Menge der ausgehauchten Luft wächst, der Prozentgehalt der CO_2 ab- und die absolute Menge derselben zunimmt. — Vergleicht man aber die Zahlen beider Tabellen, und namentlich die absoluten Mengen und die Prozente der CO_2 bei gleichem Volum der Exspirationsluft, so sieht man, dass die CO_2-Prozente bei langsamer Athemfolge (ausgenommen sind nur die beiden ersten Beobachtungen in der ersten [6 Züge] und in der zweiten [12 Züge] Reihe) höher sind, als bei rascher. Daraus würde man den Beobachtungen zuwider folgern können, dass die mittlere Geschwindigkeit des CO_2-Stroms in die Lungenluft bei langsamer Athemfolge und voluminöseren Luftzügen geringer sein möchte, als bei dem entgegengesetzten Modus zu athmen; wenn trotzdem mehr CO_2 geliefert wird, so kann dieses seinen Grund nur in der grössern Strombreite (wegen vermehrter Berührungsfläche) oder in der Ausgiebigkeit der mechanischen Mischung haben. — Natürlich sind diese Erklärungsgründe nur giltig, wenn, was aus dem Versuche nicht hervorgeht, die Zeit, während welcher die eingeathmete Luft in der Lunge verblieb, für gleiche Luftvolumina dieselbe war, und wenn zur Zeit der beiden Reihen gleiche Spannungen der CO_2 des Blutes bestanden.

d) Die mittlere Geschwindigkeit, mit welcher die CO_2 in die Lungenluft strömt während eines ganzen Athemzugs (Ein-, Ausathmung, Pause), wird, alles Uebrige gleichgesetzt, wachsen mit der Zeit, während welcher der Brustkorb in der Einathmungsstellung verweilt.

Die Wirksamkeit des Athemzugs für die Ausscheidung der CO_2 würde jedenfalls gesteigert werden, wenn die Brust, statt nach vollendeter Einathmung sogleich wieder in die Exspirationsstellung überzugehen, in erweitertem Zustand verharrte. Aber im

Verhältniss zur Anstrengung würde der Erfolg doch immer nur ein sehr untergeordneter sein, wie die auf p. 511 gezeichnete Curve von Becher einsehen lässt, da mit der über ein gewisses Maass dauernden Inspirationszeit die CO_2 nur um ein Geringes gesteigert wird (Stefan).

Bei grösserem Umfang des Brustkastens wird die Dichtigkeit der CO_2 in dem Lungenraum langsamer ansteigen, als bei geringem; demnach wird im ersten Fall längere Zeit ein grosser Spannungsunterschied bestehen. Versuche, welche diese Angabe der Theorie bestätigen, fehlen.

Eine Untersuchung, welche die oben aufgestellten theoretischen Voraussetzungen auf ihre Richtigkeit prüfen wollte, müsste, ausser den schon angegebenen, mindestens noch folgende Bedingungen erfüllen: 1) Sie hätte herzustellen die Gleichheit: in der Zusammensetzung der eingeathmeten Luft, in der Menge und Zusammensetzung der in der Lunge restirenden Luft, in der Zusammensetzung und Stromgeschwindigkeit des Blutes. Dieses Alles ist annähernd zu erreichen, theils dadurch, dass man die zu vergleichenden Versuche unmittelbar hinter einander anstellt, theils dass man den Brustkasten auf einem bestimmten Umfang hält. — 2) Sie hätte zu verändern die Zeit, während welcher das eingesogene Luftvolum in dem Brustkasten zurückgehalten wird, und gleich zu halten: das gesammte Volum des Luftwechsels in der Zeiteinheit, die Berührungsflächen zwischen Blut und Luft und den Umfang der mechanischen Mischung neuer und restirender Luft in der Lunge. Dieses wäre zu erreichen, wenn man gleich viel Luft, immer gleich rasch eingezogen, mehr oder weniger rasch wieder entfernte, so dass die Athempause kürzer oder länger würde. — 3) Sie hätte zu verändern das in der Zeiteinheit gewechselte Luftvolum und dabei gleich zu erhalten die mechanische Mischung, den Querschnitt des Diffusionsstroms, die Anwesenheitsdauer der inspirirten Luft; um dieses zu erfüllen, würde man eine ungleiche Zahl gleich tiefer Athemzüge machen, von denen jeder einzelne um so länger gehalten werden müsste, je seltener die Athemzüge erfolgten. — 4) Sie hätte zu verändern die mechanische Vermischung der neuen und restirenden Luft und die Berührungsflächen zwischen Luft und Blut und dabei gleich zu machen: das in der Zeiteinheit gewechselte Luftvolum, die Zeitdauer der Einathmungsstellung. Dieses würde geschehen, entweder wie wir schon oben unter c erwähnten, oder auch durch Bewegungen des Brustkorbes nach geschehener Einathmung und bei geschlossener Stimmritze.

Blutstrom. Bei der Frage, wie eine Veränderung des Blutstroms in der Lunge die Ausscheidung der Kohlensäure vermehren oder vermindern könne, ist wesentlich aus einander zu halten der Einfluss variabler Spannung und variabler Geschwindigkeit des Stroms.

Eine vermehrte Spannung des Blutstroms muss, alles Andere gleichgesetzt, unzweifelhaft die Ausscheidung der CO_2 mehren, und zwar auf zweierlei Art. Zunächst wird durch sie die Berührungsfläche zwischen Blut und Luft vergrössert; da sich die Gefässe, in denen das Blut unter einem höheren Druck strömt, ausdehnen. Mit dem Druck des Gesammtblutes mehrt sich aber auch der Druck seiner CO_2, und dieser stellt demnach eine zu den gewöhnlichen neu hinzukommende Bewegungsursache dar, vorausgesetzt, dass die gashaltige Flüssigkeit mit einem Raum von niederer Spannung in Berührung kommt, wie dieses in der That zwischen Blut und Lungenluft geschieht. — Ob diese Umstände von praktischer Bedeutung sind, ist noch niemals untersucht worden.

Der veränderten Geschwindigkeit des Blutstroms würde nur ein Einfluss auf die CO_2-Abscheidung zuzuschreiben sein, wenn es feststünde, dass der Unterschied der CO_2-Spannung in dem arteriellen und venösem Lungenblut merklich stiege, wenn die Geschwindigkeit des Stroms in den Grenzen des normalen Lebens abnimmt. Man könnte in der That geneigt sein, dieses in Abrede zu stellen, weil jedenfalls die Zeit, während welcher ein Bluttheilchen in den Lungencapillaren verweilt, nicht merklich grösser ausfällt, je nachdem es das eine Mal langsamer als das andere Mal die ungemein kurze Wegstrecke durch die Lungenbläschen zurücklegt. Die Möglichkeit kann freilich nicht bestritten werden. Setzten wir also fest, das langsam strömende Blut führe beim Austritt aus der Bläschenwand CO_2 von niederer Spannung (weil es bei längerem Aufenthalt in der Lunge mehr abgegeben), als das rasch fliessende, und geben wir in beiden Fällen dem arteriellen Blut gleiche Spannung, so würde die mittlere CO_2-Dichtigkeit des Bluts während des Aufenthaltes in der Lunge beim langsamen Strom geringer als beim raschen sein. Der rasche Strom beschleunigt also die Abscheidung. Beobachtungen über die hier besprochenen Probabilitäten sind nicht angestellt.

Luftveränderungen. a. Die Zusammensetzung der eingeathmeten Luft kann, insofern sie von der gewöhnlichen atmosphärischen abweicht, aus allgemeinen physiologischen Gesichts-

punkten betrachtet, auf zweierlei Weise verändernd in die Abscheidung der CO_2 eingreifen. Einmal, indem sie ein Material in die Lungen und von da in das Blut führt, welches die Bildung von CO_2 innerhalb aller oder einzelner Organe fördert oder hemmt; mit einem Wort dadurch, dass sie die Zusammensetzung des Bluts ändert; wir werden die Betrachtung dieser Einflüsse einstweilen verschieben. — Dann aber greift möglicher Weise die in ihrer normalen Zusemmensetzung veränderte Luft auch dadurch auf die Abscheidung der Kohlensäure ein, dass sie die Entleerung der einmal in dem Blute vorhandenen beschleunigt oder verlangsamt. Diese letztere Weise der Einwirkung, die wir hier abhandeln, hebt sich vor der ersteren sogleich dadurch ab, dass sie sich nicht erst nach dem Verlauf von mehreren, vielleicht von vielen Einathmungen, geltend macht, sondern schon mit dem ersten Athemzug aus der verändert zusammengesetzten Luft.

Der Physiolog muss nun mit Rücksicht auf die Veränderung in der Zusammensetzung der Einathmungsluft den Unterschied als wesentlich festhalten, ob der CO_2-freie oder der CO_2-haltige Theil der Atmosphäre alterirt worden ist.

1) Bei der Athmung in kohlensäurefreien Gasen muss der Theorie entsprechend die CO_2-Ausscheidung überall dieselbe bleiben, wenn auch die Zusammensetzung der eingenommenen Luft sonst noch so sehr wechselt. Diese Behauptung ist die nothwendige Folge aus dem feststehenden Grundsatz, dass nur die Molekeln der gleichartigen Gasarten im Stande sind, sich gegenseitig in ihrer Ausdehnung, oder wie man sich gewöhnlich ausdrückt, in ihrer Diffusion zu hemmen. Versuche, die zur Bestätigung dieses Satzes dienen könnten, lassen sich nur mit wenigen Gasarten ausführen. Denn einmal sind viele Gasarten, deren Aufzählung in der Toxikologie gesucht werden muss, geradezu Gifte, und dann sind von den nichtgiftigen nur solche zu gebrauchen, welche Sauerstoff in freier oder locker gebundener Form enthalten, da die Gegenwart dieses Gases im Blute, wie wir schon früher ausführten, durchaus nothwendig ist, um die Lebenseigenschaft der Muskel- und Nervensubstanz zu erhalten. Es bleibt somit nur übrig reines O-Gas, Knallluft (Sauerstoff und Wasserstoff), Gemenge von Stickstoff mit Sauerstoff in einem Verhältniss, das von dem atmosphärischen abweicht, und endlich Stickoxydul (Lustgas). — Mit diesen Gasarten sind nun auch schon Versuche angestellt, jedoch meist in einer Weise, die keinen Vergleich zulässt mit der CO_2-Abscheidung in

gewöhnlicher Luft. Ein solcher Vergleich würde nemlich nur dann zulässig sein, wenn man Rücksicht genommen hätte auf die Geschwindigkeit des Luftwechsels, oder wenn man die Versuche früher beendet hätte, bevor die Folgen der verändert zusammengesetzten Luft auf die Blutmischung eingetreten waren.

In einem Widerspruch mit den theoretischen Ableitungen scheinen sich die Ergebnisse der Untersuchung von Allen und Pepys zu befinden. Denn als der von ihnen beobachtete Mann in 5,3 Athemzügen, die er während der Minute ausführte, 5332 CC. atmosphärische Luft aufgenommen, entleerte er eine Luft, welche 8*) pCt. CO_2 enthielt; als derselbe Mensch auf dieselbe Weise 5800 CC. eines Gasgemisches aus 98 pCt. Sauerstoff und 2 pCt. CO_2 einathmete und den Versuch 9,5 Minuten fortsetzte, athmete er eine Luft mit 11 pCt. Kohlensäure aus. In der zweiten Beobachtungszeit war im Gegensatz zur ersten der Zustand des Menschen aber nicht derselbe geblieben; die Zahl der Pulsschläge war von 72 auf 88 in der Minute emporgegangen, und es hatte sich ein Gefühl von Wärme und zugleich eine gelinde Hautausdünstung eingestellt. Die Vermuthung liegt damit nahe, dass sich schon in den ersten Minuten nach der Sauerstoffathmung die Zusammensetzung des Bluts änderte; diese Annahme gewinnt eine Bestätigung durch den 17. Versuch der erwähnten Autoren, in welchem von demselben Manne 56099 CC. eines Gemenges von 98 pCt. O und 2 pCt. N während 7,55 Minuten (7480 CC. in der Minute) eingeathmet wurden. Die während dieser Zeit ausgeathmeten Luftmassen wurden von halber zu halber Minute gesondert aufgefangen und untersucht. Hierbei ergab sich, dass die in den ersten 30 Secunden gelieferte Luft 9 pCt. CO_2, die in den darauf folgenden 60 Secunden entleerte 10,5 pCt. CO_2, die in den letzten 30 Secunden ausgeathmete endlich 12,5 pCt. CO_2 enthielt. Auch bei diesem Versuch war schliesslich die Zahl der Pulsschläge von 86 auf 102 gestiegen und gegen Ende desselben eine Schweissbildung eingetreten. Diese Bedenken gewinnen um so mehr an Kraft, als ähnliche Beobachtungen von W. Müller die Theorie für die Lungenathmung und die Versuche von Reiset und Regnault sie für den Gesammtgaswechsel bestätigen.

Ein Zusatz von CO_2 zur Athmungsluft wird jedesmal die Ausscheidung dieses Gases aus dem Blute hemmen; der Werth, den die Hemmung erreicht, wird steigen mit dem CO_2-Gehalte der Luft und zwar so, dass schliesslich eine Stromumkehr stattfindet. So wie nemlich dieses Gas in der Luft höher gespannt ist als im Blut, so muss es nun aus dem ersteren in das letztere dringen. Dieses hat zuerst Legallois**) beobachtet, als er Katzen und Kaninchen in eine Atmosphäre brachte, welche mehr als 21 pCt. CO_2 enthielt. W. Müller hat die hierher gehörigen Erscheinungen

*) Wir erlauben uns, die Beobachtungen von Allen und Pepys noch anzuführen, obwohl die CO_2-Bestimmungen sicher mit einem Fehler behaftet sind. Dieser Fehler ist aber in allen Beobachtungen derselbe geblieben, und somit geben die Zahlen immer noch ein vergleichbares Maass ab.

**) Annales de chimie et physique. IV. Bd. (1817) p. 126.

weiter verfolgt. Er befreite die Lunge des Thieres möglichst von allem Stickstoff, indem er O durch dieselbe leitete; dann setzte er die Lunge in Verbindung mit einem Raum von 150 bis 250 CC. Inhalt, der mit reinem O-Gas gefüllt war. Wenn das Thier (Kaninchen) in diesem mit Hg gesperrten Raum (siehe Fig. 61) aus- und einathmet und der Luftdruck in demselben immer dem atmosphärischen gleich bleibt, so verschwindet sein gasartiger Inhalt vollkommen; das Thier saugt den ganzen Inhalt der Glocke auf. Der Grund hierfür liegt darin, dass im Anfang der O vom Blut aufgenommen und statt dessen CO_2 ausgeschieden wird. Indem sich nun der Gasraum durch Entfernung des O-Stoffs mindert, mehren sich die CO_2-Prozente desselben und also auch der Druckantheil der letzten Luftart; sowie der letzte gleich dem der CO_2 im Blut geworden, wird keine CO_2-Ausscheidung aus letzterem mehr stattfinden, sondern alle neugebildete CO_2 im Thier verbleiben; ja es wird, wenn die O-Absorption fortschreitet, auch die ursprünglich ausgeschiedene CO_2 zurückgenommen werden, und da sich der O bis zum vollkommenen Verschwinden mindert, so wird dieses auch mit der CO_2 geschehen. Dieses kann jedoch nur so lange fortdauern, bis das Thier vollkommen mit CO_2 gesättigt ist. Bedient man sich also eines Raumes, der den Umfang des Thieres übertrifft, so hört bei fortschreitendem Athmen allmählich die Verkleinerung des Luftraums auf, indem nunmehr so viel CO_2 ausgeführt als O aufgesogen wird. Dieses tritt ein, wenn das Thier etwas mehr CO_2, als die Hälfte seines Volums beträgt, zum Verschwinden gebracht hat. Aber dann stirbt auch das Thier, obgleich die geathmete Luft noch viel mehr O enthält, als die atmosphärische; also ist es nicht aus Mangel an Sauerstoff, sondern durch die Giftwirkungen der CO_2 gestorben; dem entsprechend tritt der Tod nicht unter den Erscheinungen der Erstickung, sondern unter denen der Narcose ein. — Die prozentige CO_2-Menge, welche die Luft enthalten muss, um dieses Gas an das Blut abzugeben, statt es von ihm zu empfangen, wird begreiflich variabel sein, da dieses auch mit der Spannung der CO_2 im Blute der Fall ist.

Wenn der Wasserdunst in der atmosphärischen Luft zunimmt, soll auch das Gewicht der ausgeathmeten CO_2 steigen (Lehmann)*).

b. Physikalische Luftveränderung. Mit der Erniedrigung der Temperatur steigt die ausgeschiedene Kohlensäure

*) Valentin's Jahresbericht für 1846. p. 160.

(Lavoisier, Letellier, Vierordt); dieser Einfluss der erniedrigten Lufttemperatur macht sich ebenso rasch als dauernd geltend. So giebt z. B. der letztere Beobachter aus einer grossen Versuchsreihe an sich selbst folgende Mittelzahlen:

Mittel in der Minute.	Mittlere Lufttemperatur.		Unterschiede.
	8⁰,47 C.	19⁰,40 C.	
Pulsschläge	72,93	71,29	1,64
Athemzüge	12,16	11,57	0,59
Ausgeathmetes Luftvolum	6672 CC.	6106 CC.	656
Ausgeathmete Kohlensäure	299,3	257,8	41,5
Prozent. CO_2 - Gehalt der ausgeathmeten Luft	4,28	4,0	0,28

Letellier*) stellte dagegen fest, dass kleine Säugethiere bei einem ½stündigen Aufenthalt in einer Temperatur von — 5^0 bis + 3^0 C. um das Doppelte mehr CO_2 aushauchten, als bei einem gleich langem Verweilen in einer Wärme von + 28^0 bis + 43^0 C. — Das Ansteigen der CO_2-Ausscheidung bei abnehmender Lufttemperatur muss wesentlich bedingt sein von der beschleunigten Oxydation der kohlenstoffhaltigen Verbindungen. Zum kleinern Theil könnte sie aber auch darin begründet sein, dass der CO_2-Gehalt des Organismus im Winter herabgedrückt wird, in Folge der zu jener Zeit beschleunigten Ausfuhr. Dieses letztere könnte eingeleitet sein durch eine lebhaftere Athemfolge, welche reflektorisch von der abgekühlten Haut und Lunge erweckt würde, oder auch durch die gesteigerte Diffusionsgeschwindigkeit aus dem immer gleich warmen Blut in die kältere Lungenluft, da nach Valentin (p. 502) bei niedrigerer Temperatur der Atmosphäre die ausgeathmete Luft noch um einige Grade kälter ist, als bei warmer Umgebung. Die ungemeine Abnahme der CO_2, welche Letellier in verhältnissmässig so hohen Wärmegraden beobachtete, hängt wahrscheinlich zusammen mit der Herabstimmung der Erregbarkeit aller Nerven und Muskeln und insbesondere derjenigen des Brustkorbes. —

Die Erklärung, welche Lavoisier**) und Seguin davon geben, dass in kalter Luft mehr CO_2 ausgeathmet werde, kann trotzdem, dass sie in verschiedenen Modifikationen häufig wiederholt wurde, mit Stillschweigen übergangen werden. — Gerade

*) Annales de chimie et physique. XIII. Bd. 478 (1845).

**) Memoires de l'academie. 1790. 602. — Liebig, Thierchemie.

umgekehrt wie die Warmblüter verhalten sich die Frösche, die bei hoher Temperatur mehr CO_2 bilden (Moleschott)*).

Mit der Steigerung des Luftdruckes soll sich auch die CO_2-Abscheidung mehren (St. Sage und Hervier), eine Thatsache, welche Vierordt in freilich sehr engen Grenzen des wechselnden Barometerstandes nicht bestätigt fand. Aber auch er bemerkte, dass bei hohen Barometerständen der Luftwechsel rascher und demach der prozentige CO_2-Gehalt der Lungenluft geringer wird. Die Theorie würde also auch in seinen Beobachtungen Vermehrung der absoluten Menge der ausgeschiedenen CO_2 verlangen. Da sich aber im Allgemeinen niedere Temperaturen und hohe Barometerstände combiniren, so ist es schwer zu entscheiden, was dem einen oder anderen nach gleicher Richtung hin wirkenden Einfluss zuzuschreiben ist.

Die bei dieser Veranlassung öfter citirten Versuche von Legallois sind mit den übrigen nicht vergleichbar, weil seine Beobachtungsthiere eine stark kohlensäurehaltige Luft einathmeten.

Blutmischung. Die Theorie verlangt, dass, alles Andere gleichgesetzt, die Ausscheidung der CO_2 in die Lungenluft beschleunigt werden muss, wenn sich dieses Gas im Blute anhäuft in Folge einer gesteigerten Kohlensäurebildung in den Geweben. Die Erfahrung ist bis dahin nicht befähigt, auf geradem Wege diese freilich an sich gerechtfertigte Annahme zu bestätigen, weil ihr jedes Mittel fehlt, um den CO_2-Gehalt des lebenden Bluts auch mit nur annähernder Schärfe festzustellen; sie ist darum genöthigt, mit indirekten Beweisen vorzuschreiten, die jedoch um so werthvoller sind, weil die dabei zur Sprache kommenden Thatsachen uns Aufschluss geben über einige die Oxydation der thierischen Kohlenstoffverbindungen beschleunigende Bedingungen.

Die Beweise, dass die beschleunigte Ausscheidung von CO_2 begründet sei in einer vermehrten Bildung oder einer vermehrten Anhäufung derselben im Blute, sind auf zwei verschiedenen Wegen erbracht worden. E. Becher benutzt als ein proportionales Maass für die Anhäufung der CO_2 im Blute den prozentischen CO_2Gehalt, welchen ein gleich grosses Luftvolum annehmen kann, das zu verschiedenen Zeiten von demselben Individuum eingeathmet und gleich lange in der Lunge zurückgehalten wurde, nachdem der Brustkorb jedesmal vor der Einathmung durch eine tiefe Exspiration auf das möglichst gleiche und geringste Maass seines Inhaltes zurück gebracht wurde. Durch diese Maassregeln werden für jede der zu vergleichenden Einathmungen, die Einflüsse der mechanischen Mischung, der Berührungszeit, der Berührungsfläche und des ur-

*) Untersuchungen zur Naturlehre. II. Bd. 1857.

sprünglich CO_2-freien Luftvolums gleich gemacht; ändert sich also in der ausgeathmeten Luft die prozentige Menge der CO_2, so kann dieses nur daher rühren, weil die Kraft, mit welcher dieses Gas aus dem Blute gestossen wird, veränderlich war. Im Allgemeinen wird nun die Behauptung richtig sein, dass die Spannkräfte der CO_2 des Blutes wachsen mit ihrer Anhäufung daselbst; also wird auch zu schliessen sein, dass eine Vermehrung der CO_2-Prozente in der Ausathmungsluft unter den gegebenen Umständen auf einen gesteigerten CO_2-Gehalt des Blutes hinweist. — Andere Experimentatoren suchen dagegen die Beschleunigung der CO_2-Bildung zu messen, ohne Rücksicht zu nehmen, wie sich dabei die Anhäufung dieser Gasart im Blute gestaltet. Das in Angriff genommene Problem löst Vierordt dadurch, dass er die in gleichen Zeiten ausgehauchten CO_2-Gewichte (die absoluten Mengen) bestimmte. Stellt sich nun heraus, dass während eines gewissen Zeitraums das in der Zeiteinheit gegebene CO_2-Gewicht vermehrt oder vermindert, der CO_2-Gehalt des Individuums aber zu Beginn und Ende des erwähnten Zeitraums gleich geblieben ist, so ist selbstverständlich die Oxydation des Kohlenstoffe zeitweise verändert gewesen. Die letztere Bedingung, d. h. ein gleicher CO_2-Gehalt des Individuums an den Grenzen des Zeitraums, ist aber als erfüllt anzusehen, wenn die Lunge in je zwei Zeiteinheiten, von denen die eine zu Beginn und die andere zu Ende des Zeitraums liegt, gleiche CO_2-Menge ausgiebt, während die Folge und der Umfang der Athembewegungen dieselben sind. Würde nemlich unter diesen Umständen der Gehalt des Blutes, resp. des Individuums an CO_2 variabel geworden sein, so müsste dieses, den feststehenden allgemeinen Grundsätzen zufolge, auch zu einer Abweichung in den Gewichtsmengen der CO_2 führen. — Verzichtet man auf kurz vorübergehende Schwankungen der CO_2-Absonderung, wünscht man z. B. nur das Tagesmittel der CO_2-Abscheidung zu vergleichen, so erhält man mit Regnault, Scharling, C. Schmidt Aufschluss durch Vergleichung langer Zeiträume, während welcher so grosse Kohlensäuregewichte ausgeschieden wurden, dass dagegen die Unterschiede der gesammten zu verschiedenen Zeiten auf einmal im Thierkörper enthaltenen CO_2-Mengen verschwinden. — Ueber indirekte Methoden siehe später.

a) Die Abhängigkeit der Bildung der CO_2 von dem Kohlenstoffgehalt der Nahrung. — Da die CO_2 ein Produkt der lebensnothwendigen chemischen Prozesse ist, so geht ihre Bildung mindestens bis zum Tod (und meist auch über ihn hinaus); sie wird darum durch die Lungen auch dann noch ausgeschieden, wenn selbst keine kohlenstoffhaltige Nahrung genossen wird, wobei sich natürlich das Gewicht der kohlenstoffhaltigen Körperbestandtheile mindert. Vom Beginn des Hungerns bis zum Tode nimmt zuerst die tägliche Menge der ausgeschiedenen Kohle sehr wenig, in den letzten Tagen des Lebens sehr rasch ab (Schmidt)*). — Bei einer Nahrungsaufnahme in solchen Grenzen, dass dabei das mittlere tägliche Körpergewicht unverändert erhalten wird, stellt sich ein dynamisches Gleichgewicht her, indem sich die Menge der

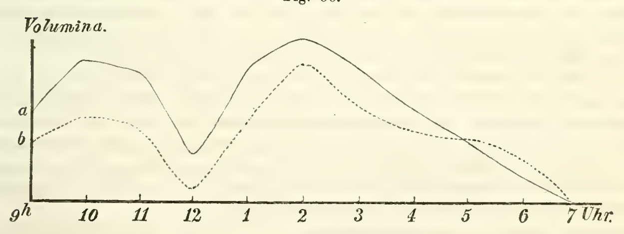
*) Verdauungssäfte. p. 310.

ausgehauchten CO_2 genau nach dem mit der Nahrung aufgenommenen Kohlenstoff richtet, so dass durch die Lunge jedesmal annähernd die ganze Menge von Kohlenstoff wieder entleert wird, welche aus dem Darmkanal in das Blut übergegangen war. Das tägliche Mittel steht also bei dem Genuss von vegetabilischer Nahrung mit viel Kohlenhydraten höher, als bei dem von Fleisch mit viel Fett. — Die Steigerung, welche der Genuss verdaulicher Nahrungsmittel mit sich führt, beginnt kurze Zeit nach der Aufnahme derselben und scheint mit ihrem vollendeten Uebertritt in das Blut (2—3 Stunden nach dem Essen) das Maximum zu erreichen, und sinkt dann wieder ab. — Vierordt stellt für die einzelnen Tagesstunden die Minutenmittel der von ihm ausgehauchten CO_2 in der folgenden Tabelle zusammen, zu welcher zu bemerken ist, das vor 9^h ein Frühstück und um 1^h 30′ ein Mittagsessen genossen wird.

Stunde d. Beobachtg.	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7
Menge der in 1 Min. ausgeathmeten CO_2-Menge in CC.	261	251	276	241	276	291	276	261	251	236	226
Menge der in 1 Min. ausgeathm. Luft in CC.	6050	6250	6150	5550	6250	6750	6350	6150	6050	5850	5450
Zahl der Pulsschläge in 1 Minute.	73	69	69	69	81	83	81	77	75	75	73

Diese Zahlen sind dazu benutzt, um zwei Curven (Fig. 66) zu construiren; auf die Abscisse sind die Zeiten, auf die Ordinate

Fig. 66.



aber Werthe aufgetragen, die proportional*) sind den zu den betreffenden Zeiten ausgehauchten CO_2- (*a*) und Luftvolumina (*b*). Wir machen einstweilen darauf aufmerksam, dass die Volumina der Ausathmungsluft und der CO_2 einander sehr nahezu gleich

*) Die in der Curve benutzten Ordinatenwerthe sind die Quotienten, welche durch Division des geringsten CO_2- und Luftvolums in die anderen grösseren der Reihe nach erhalten wurden.

stehen. Daraus könnte man folgern, dass die Tiefe und Häufigkeit der Athemzüge wächst, wie die aus der Lunge hervortretenden CO_2-Volumina. — Im Gegensatz zu unseren gewöhnlichen und unentbehrlichen organischen Nahrungsmitteln befinden sich nach Vierordt die Spirituosa (und der Thee? Prout). Nach ihrem Genuss wird die CO_2-Abscheidung unter das Maass, welches man ohne sie hätte erwarten können, herabgedrückt. So bewirkte z. B. der Zusatz von 250 Gr. Wein zum Mittagsessen, dass statt des gewöhnlichen Unterschieds von 50 CC. CO_2 zwischen 12^h und 2^h nur ein solcher von 20 CC. eintrat.

Nach den Beobachtungen von Smith*), die mir nur in einem sehr gedrängten Auszug zugänglich waren, gestaltet sich Manches anders, als man bisher annahm. Er verzehrte noch vor dem Frühstück eine bestimmte Speise in mässiger Menge und bestimmte dann, während er in sitzender Stellung verharrte, die Menge der ausgeathmeten CO_2 und der eingeathmeten Luft, die Zahl der Pulsschläge und Athemzüge und die Temperatur und den Druck der Luft. Er fand, dass sich die Nahrungsmittel unterscheiden lassen, in solche, welche die CO_2-Ausscheidung steigern, und solche, welche sie mindern. Tritt eine Steigerung ein, so ist dieselbe entweder rasch vorübergehend oder dauernd; und es mehrt sich hierbei nicht sowohl die Zahl der Athemzüge, als vielmehr ihre Tiefe.

Die CO_2-Ausscheidung wird befördert durch Zucker, Milch, Speisen aus Getreidemehl, Kartoffeln, Thee, Kaffee, Cichorien, Cacao, Alkohol, Rum, Ale, einige Weinarten, Gluten, Caseïn, Fibrin, Albumin und Leim. — Thee und Zucker steigerte schon wenige Minuten nach dem Genuss die CO_2-Ausscheidung, Gluten und Caseïn wirkte mit geringerer Geschwindigkeit. Nach Zucker und Thee dauerte die Periode der gesteigerten Abscheidung kurze Zeit; nach Milch, Rum und Brod hielt sie am längsten an. Die Menge der ausgeschiedenen CO_2 stand nach Thee und Leim in keinem Verhältniss zur Menge des genossenen Mittels, und namentlich wirkte dieselbe Quantität Thee mächtiger, wenn sie absatzweise, als wenn sie auf einmal genommen wurde.

Eine Minderung der CO_2-Bildung findet er nach dem Genuss von Fett und einiger Alkoholarten (Brandy und Genevre). Die CO_2-mindernde Kraft des Fettes macht sich auch so geltend, dass nach gleichzeitigem Genuss von Zucker oder Brod und Fett die CO_2-Bildung, die in Folge der ersteren Nahrungsmittel hatte eintreten müssen, ausblieb. — Auffallend ist es, dass die verschiedenen Alkoholsorten verschieden wirken sollen. — Stärke mehrt die CO_2-Bildung nicht, was ebenfalls mit Rücksicht auf das gegentheilige Verhalten des Zuckers räthselhaft ist.

b) Abhängigkeit der CO_2-Bildung von den Eigenschaften der Einathmungsluft. Wenn der Sauerstoffgehalt der geathmeten Luft sehr beträchtlich vermehrt wurde, so soll kurze Zeit nachher auch die ausgeathmete Luft reicher an CO_2 sein (Allen, Pepys). Diese Thatsache fand W. Müller nicht bestätigt. Tritt aber auch diese Vermehrung ein, so ist sie jedenfalls sehr vorübergehend.

*) Proceedings of the royal society, vol. IX. 638.

Denn wenn die Einathmung der sehr sauerstoffreichen Luft einen Tag lang fortgesetzt wird, so steigt das CO_2-Mittel in letzterer nicht über den Werth eines Tages, an dem atmosphärische Luft eingenommen wurde (Regnault, Reiset). — Eine Erniedrigung der Temperatur (und eine Erhöhung des Druckes) der Luft steigern, wie schon erwähnt (p. 519), die Absonderungsgeschwindigkeit.

Einige der eben beigebrachten Erfahrungen hat man öfter benutzt, um die Hypothese zu stützen, dass eine Vermehrung des freien Blutsauerstoffs die Oxydation der Kohlenstoffatome dauernd beschleunige; diese Annahme, welche von der Voraussetzung ausging, dass alle organischen Verbindungen des Thierkörpers in dem Maasse oxydirt würden, in welchem Sauerstoff vorhanden sei, widerlegt sich durch die Beobachtungen von Regnault, Reiset und W. Müller.

Ein Zusatz von Stickoxydulgas zur Einathmungsluft steigert die CO_2-Ausscheidung (Zimmermann).

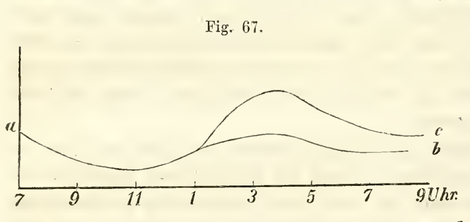
c) Abhängigkeit der CO_2-Bildung von der Muskelzusammenziehung. Nach einer kräftigen Bewegung der Gliedmaassen steigt sehr bald das Minutenmittel der CO_2 über den Normalwerth (Scharling) und erhält sich über demselben stundenlang, wenn die Bewegung anhaltend war (Vierordt). Der letzte Grund dieser Erscheinung liegt darin, dass die Muskeln während und auch noch durch längere Zeit nach ihrer Zusammenziehung viel CO_2 bilden (Valentin)*). Um die vermehrt gebildete CO_2 zu entleeren, wächst Zahl und Umfang der Athemzüge und der CO_2-Gehalt der Athmungsluft.

d) Veränderlichkeit der CO_2-Anhäufung im Blut mit der veränderten Bildung derselben. Wenn die CO_2-Bildung innerhalb des thierischen Körpers steigt, so wird sich nothwendig die Strömung dieses Gases in das Blut hinein beschleunigen; wird es sich deshalb dort anhäufen oder wird es so rasch abströmen wie es zufloss? Man sollte dieses Letztere fast vermuthen, da sich alsbald zu den Zeiten vermehrter Bildung auch eine lebhaftere Athemfolge einfindet. Das Gegentheil dieser Unterstellung geht jedoch aus den Beobachtungen von Becher hervor. Nach ihm steigt der CO_2-Gehalt des Blutes auf und ab, selbst an solchen Tagen, an welchen keine Nahrung aufgenommen und die Gliedmaassen wenig bewegt wurden. Unmittelbar nach dem Erwachen steht die CO_2 hoch, sinkt bis gegen 11^h ab, steigt dann bis um 3^h auf ihr Maximum

*) Archiv für physiologische Heilkunde. 1857.

und sinkt dann wieder gegen den Abend hin. Diese in den Gegenwirkungen der menschlichen Organe selbst begründeten Veränderungen reihen sich ähnlichen an, welche uns über den täglichen Gang der Harnstoffbildung der thierischen Wärme und des Pulses bekannt sind. — Der CO_2-Gehalt des Blutes ist aber auch abhängig von der Nahrung. Dieses zeigt sich einmal darin, dass das tägliche Mittel des CO_2-Gehalts an einem Hungertag niedriger als an einem Speisetag ist; dieser Unterschied tritt um so stärker hervor, je länger das Hungern andauert; also das tägliche Mittel des ersten Hungertags ist noch höher, als das des zweiten u. s. f. Der Einfluss der Nahrung drückt sich auch im Gang der täglichen Schwankung aus, indem einige Zeit, 2 bis 3 Stunden, nach der Mahlzeit der CO_2-Gehalt des Blutes ziemlich bedeutend ansteigt und erst nach einiger Zeit und allmählig wieder absinkt. Dieses Ansteigen prägte sich ganz auffallend aus, als nach mehrtägigem Hungern Nahrung aufgenommen wurde. Die Lungenluft, welche 46 Stunden nach der letzten Mahlzeit unter den bezeichneten Cautelen ausgeathmet wurde, enthielt 5,9 pCt. CO_2, zwei Stunden nach dem darauf erfolgten gewöhnlichen Mittagsessen enthielt sie 8,2 pCt. Die über die Zeit beschriebenen Curven (Fig. 67) geben eine Anschauung der täglichen Schwankung des CO_2-Gehalts. Ihre Ordinaten sind die zu den bezeichneten Zeiten beobachteten CO_2-Prozente der Lungenluft. Von den beiden Curven stellt *ab* den Gang vor, wenn gar keine Nahrung genommen, *ac* ist dagegen giltig, wenn um 1^h ein gewöhnliches Mittagsmahl genossen wurde. Darf man, wie es nicht unwahrscheinlich ist, annehmen, dass das Maximum des CO_2-Gehalts im Blute zusammenfällt mit demjenigen der Bildung dieses Gases, so gehen aus dem von der Speise gelieferten Material die CO_2- und Harnstoffbildung nicht gleichzeitig vor sich, denn das Maximum des CO_2-Gehalts fällt einige Stunden früher, als das Maximum der Harnstoffausscheidung. Siehe Figg. 56 u. 57.

Fig. 67.



Man könnte versucht sein, den Widerspruch in der Beobachtung von Vierordt und Becher zu discutiren, indem der Erstere das Maximum der CO_2-Ausscheidung um eine Stunde früher nach dem Mittagsmahl fand, als der Letztere sein Maximum

der Blut-CO_2. Die Vorsicht gebietet, so lange von einem Erklärungsversuch dieser Abweichung abzustehen. bis an einem und demselben Beobachter beide Curven gemessen und dargethan ist, dass die zwischen Vierordt und Becher bestehenden Unterschiede keine individuellen sind.

Viel höher als beim Menschen, nemlich bis zu 15,7 pCt., stieg der CO_2-Gehalt in der Lungenluft solcher Hunde, welche durch einen luftdichten Verschluss der Trachea erstickt wurden (W. Müller). Setschenow hat diese Thatsache bestätigt und dadurch erweitert, dass er zugleich die CO_2 des Blutes von erstickten Thieren bestimmte; er fand CO_2

in 100 Theilen Arterienblut		in 100 Theilen
verdunstbare	durch Säuren abscheidbare	Lungenluft
38,15	4,01	15,62
38,86	1,79	12,75

Abhängigkeit der Kohlensäureausscheidung von der Lungenwand. Hierbei kommt in Betracht das Verhältniss der Wandausdehnung zum Luftvolum, welches die Lunge fasst, die Dicke und die chemische Constitution der Trennungsschicht zwischen Blut und Luft.

Da uns alle Versuche über die auf diesen Elementen beruhenden individuellen Verschiedenheiten fehlen, so müssen wir uns damit begnügen, aus theoretischen Gründen zu behaupten, dass bei gleicher Räumlichkeit eine grossblasige (emphysematische) Lunge weniger CO_2 liefern wird, als eine kleinblasige, vorausgesetzt, dass die Spannung der Blut-CO_2 und der Luftwechsel gleich angenommen werden. Denn im letzteren Falle ist die Fläche, welche CO_2 ausscheidet, grösser, als im ersteren. — Von der Dicke der Lungenwand, dem Wassergehalt derselben u. s. w., hängt der Widerstand ab, den die CO_2 auf ihrem Wege vom Blut in die Lungenluft findet; also muss auch hiermit die CO_2-Ausscheidung veränderlich werden.

Veränderlichkeit der CO_2-Ausscheidung aus gemischten Gründen. Aus einer Combination der bis dahin vorgeführten Elemente, denen sich vielleicht noch andere anschliessen, lässt sich ableiten, dass mit den Hirnzuständen, welche einen Einfluss auf die Erregbarkeit der reflektorischen und automatischen Herde oder auf die willkührliche Muskelerregung gewinnen, mit der Gewohnheit, dem Lebensalter, dem Geschlecht, den Tages- und Jahreszeiten, den Klimaten u. s. w. die in der Zeiteinheit ausgeschiedene mittlere CO_2-Menge sehr veränderlich sein müsse. Es kann natürlich vom Standpunkt der Theorie aus kein Interesse gewähren, auf die weiteren Verwickelungen einzugehen. Wichtiger

ist es, die Versuchswege so weit auszubilden, dass es gelingt, bei jedem beliebigen Individuum den Werth zu bestimmen, mit welchem sich jedes einzelne Element betheiligt an der gesammten CO_2-Ausscheidung. Insbesondere würde es dem Arzt von Wichtigkeit sein, messbar festzustellen, ob und wie weit sich die Individualitäten von einander absetzen durch ihre Fähigkeit, kohlenstoffhaltige Körperbestandtheile rascher und in grösserer Ausdehnung zu oxydiren. Diese Fähigkeit kommt unzweifelhaft Personen mit lebhafter Nervenerregbarkeit, mit relativ grosser Muskelmasse, mit beträchtlicher Verdauungsfähigkeit u. s. w. im höhern Grade zu, als den entgegengesetzt constituirten. Möglich wäre es aber immerhin, dass neben diesen Gründen, welche u. A. dem Kind, dem Mann, dem thätigen Individuum eine relativ reichlichere CO_2-Ausscheidung sichern, auch noch andere constitutionelle Verhältnisse sich geltend machen, und die Zuversicht auf ein Bestehen derselben wird sehr gesteigert, wenn man sich einzelne krankhafte Zustände in das Gedächtniss ruft.

Angabe der mittleren Gewichte ausgeschiedener Kohlensäure. Bei den ungemeinen Schwankungen, welchen die CO_2-Ausscheidung unterworfen ist, müsste man über sehr zahlreiche Beobachtungen gebieten können, wenn man daraus ein Stunden-, Tages-, Jahresmittel für Personen verschiedenen Alters, Geschlechtes u. s. w. mit Sicherheit ableiten wollte. Wir besitzen aber in der That nur wenige Beobachtungen, welche billigen Anforderungen entsprechen. Ihre Mittheilung darf jedoch nicht unterbleiben, um so weniger, weil sie eine bemerkenswerthe Uebereinstimmung bieten. In der folgenden Tabelle sind die Zahlen von Scharling aus stundenlangen, die von Andral und Gavarret aber nur aus 8—13 Minuten dauernden Beobachtungen abgeleitet. Die Zahl, welche Vierordt mittheilt, zeichnet sich vortheilhaft aus durch die grosse Reihe der zu Grunde gelegten Versuche. Alle Beobachtungen beziehen sich auf ruhige, unwillkührliche Athembewegungen. Die Absonderungsgeschwindigkeit ist ausgedrückt durch den Quotienten des Körpergewichts in das Kohlenstoffgewicht, welches die ausgeschiedene CO_2 enthielt. Da sich durch den ganzen Körper hindurch die CO_2 bildet, und da die Bildung und Ausscheidung mit annähernd gleicher Geschwindigkeit vor sich gehen, so wird diese Ausdrucksweise erlaubt sein. Statt der ausgehauchten CO_2 setzen wir den Kohlenstoff aus später einleuchtenden Gründen. Um diesen auf das entsprechende CO_2-Gewicht zu

reduziren, ist es nur nöthig, die Zahl des ersteren mit $^{11}/_{3}$ zu multipliziren. Wollte man das hieraus erhaltene Gewicht der CO_2 auf Volumina bringen, so würde es mit $^{1000}/_{1,9814}$ zu multipliziren sein.

Alter	Geschlecht	Zahl	Ausgeathmeter C in Gr. während 1 Stunde.	Körpergewicht in Kilogr.	Absonderungsgeschwindigk.	Beobachter.
der beobachteten Individuen.						
8—14 Jahr.	Männlich.	6	7,2	—	—	Andral, Gavarret.
	„	1	6,4	22,5	0,289	Scharling*).
15—25 „	„	9	10,7	—	—	Andral, Gavarret.
	„	1	10,8	57,75	0,187	Scharling.
26—50 „	„	16	11,0	—	—	Andral, Gavarret.
	„	1	11,4	82,0	0,140	Scharling.
	„	1	10,7	54,0	0,198	Valentin.
	„	1	8,76	—	—	Vierordt.
51—60 „	„	4	11,0	—	—	Andral, Gavarret.
61—70 „	„	3	10,2	—	—	„ „
71—80 „	„	1	6,0	—	—	„ „
81—102 „	„	2	7,3	—	—	„ „
8—14 „	Weiblich.	3	6,2	—	—	„ „
	„	1	6,1	23	0,263	Scharling.
15—25 „	„	4	6,8	—	—	Andral, Gavarret.
	„	1	8,0	55,75	0,143	Scharling.
26—50 „	„	9	7,4	—	—	Andral, Gavarret.
51—60 „	„	2	7,3	—	—	„ „
61—70 „	„	2	6,8	—	—	„ „
71—80 „	„	2	6,3	—	—	„ „

Das Verhältniss des niedrigsten zum höchsten Werth (aus welchem das Mittel gezogen) ist nach Vierordt = 1 : 2,55 und nach Scharling = 1 : 1,62.

Angabe des mittleren Volumprozents der ausgeathmeten Luft an CO_2. Die Beobachtung hat bei sehr verschiedenen Individuen unter ganz verschiedenen Umständen keine sehr auffallenden Schwankungen im Prozentgehalt der CO_2 aufgedeckt, vorausgesetzt, dass die Athembewegung unwillkührlich vor sich ging. In sehr zahlreichen Beobachtungen von Brunner und

*) Die Zahlen von Scharling sind nicht das Mittel aus allen von ihm angestellten Versuchen, sondern nur aus denen, die auf die Zeit zwischen 1 und 2 Uhr fallen, zu welcher Zeit auch Andral und Gavarret ihre Beobachtungen anstellten. Diese hier gegebenen Werthe sind höher, als das Gesammtmittel. Vergl. Journal für prakt. Chemie. 36. Bd. p. 455.

Valentin bewegte er sich von 3,3 zu 5,5 pCt. und in 600 Bestimmungen von Vierordt zwischen 3,4 und 6,2 pCt. Die gewöhnliche Zahl hielt sich nahe um 4,0 pCt. Diese Beständigkeit des mittleren CO_2-Gehalts ist dem innigen Anpassen der Athembewegungen nach Zahl und Tiefe an den CO_2-Gehalt des Blutes zu verdanken, in Folge dessen sich immer ein dynamisches Gleichgewicht herstellt zwischen der Bildung und Ausfuhr von CO_2. In der That sehen wir, wenn die CO_2-Bildung langsam vor sich geht (bei körperlicher Ruhe, Entziehung der Speisen u. s. w.) die Athemfolge sich verlangsamen und im umgekehrten Fall sich beschleunigen; ist der Lungenraum oder seine Veränderlichkeit auf irgend welche Weise beschränkt (Zwerchfelllähmung, krankhafte Ergüsse in die Lunge, Anfüllung der Unterleibshöhle), so wird der kurze Athem rasch u. s. w. — Das Verhältniss zwischen Zahl und Tiefe der Athembewegungen einerseits und dem CO_2-Gehalt der Lungenluft andererseits ist aber weder für alle Zustände desselben, noch für die ähnlichen verschiedener Menschen gleich. Eine Aufmerksamkeit auf diese Verschiedenheiten dürfte vielleicht von Bedeutung sein, weil offenbar der mittlere CO_2-Gehalt der Lungenluft eine Schätzung für die CO_2-Sättigung des ganzen Körpers gewährt, indem die CO_2-Prozente der Lungen die Grenze bezeichnen, unter welche die des Bluts nicht herabsinken können; es würde somit aus ihnen eine Charakteristik für die Individualität (Constitution, Temperament) zu gewinnen sein.

Die meisten älteren Beobachtungen stimmen mit dem oben Erwähnten überein; andere sind dagegen sehr abweichend, was aus den ganz mangelhaften Methoden, die CO_2 zu bestimmen, abgeleitet werden kann.

4. Veränderung der Sauerstoffaufnahme. Die atmosphärische Luft verliert bei ihrer Anwesenheit in der Lunge einen Theil ihres Sauerstoffs. Da aber bekanntlich das Volum der trockenen Aus- und Einathmungsluft, wenn sie auf gleichen Barometerstand gebracht worden, annähernd wenigstens gleich ist, und beide auch ungefähr denselben Gehalt an Stickstoff führen, so muss im Ganzen und Groben auch die Behauptung richtig sein, dass ungefähr so viel Sauerstoff aus der Luft verschwindet, als Kohlensäure in sie gehaucht wird.

Der Grundstein dieser Beziehung ist dadurch gegeben, dass die ausgehauchte Kohlensäure den Sauerstoff wieder mit sich führt, welcher aus der Luft in das Blut getreten war, indem der thierische Kohlenstoff von dem atmosphärischen Sauerstoff verbrannt wurde,

schliesslich also nicht mehr CO_2 ausgehaucht werden, als aus dem aufgenommenen Sauerstoff entstehen konnte, oder umgekehrt, es konnte nicht mehr Sauerstoff verschluckt werden, als die oxydablen Atome des Thierkörpers verbrauchen konnten. Indem man aber den letzten Ausdruck formt, sieht man auch gleich ein, dass die Beziehung eine nicht überall nothwendige ist, da die Kohlensäure keineswegs das einzige Oxydationsprodukt des thierischen Körpers ist, sondern ausserdem noch HO und manche andere flüssige sauerstoffreiche Körper (Harnstoff, Harnsäure u. s. w-) aus dem Blutstrom hervortreten. Daraus geht also hervor, dass für gewöhnlich mehr Sauerstoff verschluckt wird, als in der ausgehauchten Kohlensäure enthalten ist, und dass namentlich dieses Missverhältniss steigen muss, wenn wir vorwaltend von wasserstoff- und stickstoffreichen Atomen leben, wie bei Fett- und Fleischnahrung oder aber beim Hungern, sei es nun, dass das Letztere Folge der Nahrungsentziehung oder der gestörten Verdauung ist, wie z. B. nach Durchschneidung des Vagus (Valentin). Die ausgehauchte CO_2 wird dagegen nahezu die ganze Menge des ausgeathmeten Sauerstoffs wieder wegführen, wenn die Nahrung vorzugsweise aus Zucker und Amylon besteht, da der in diesen complexen Atomen enthaltene Sauerstoff hinreicht, um den Wasserstoff derselben zu Wasser zu oxydiren, so dass bei einer Verbrennung derselben nur so viel Sauerstoff hinzuzutreten braucht, als nöthig, um den C in CO_2 umzuformen. Aber auch in diesem Falle ist nur ein schliesslicher, aber keineswegs ein in jedem Augenblick paralleler Gang des Verbrauchs an O und des Gewinns an CO_2 nothwendig. Denn zwischen dem ersten und letzten Produkt der Oxydation liegen meist manche Zwischenstufen, so dass anfänglich viel Sauerstoff verbraucht wird, bevor sich CO_2 bildet; endlich geht dann freilich Alles in CO_2 über. — Es darf nicht übersehen werden, dass auch noch von einer andern Seite her eine Störung des Zusammengehens der CO_2 und des O's in die Lunge eintreten kann, da die Lunge nicht der einzige Ort ist, an dem Gas aus- und in das Blut tritt. Je nach den Eigenschaften der Wände jener anderen Athemwerkzeuge muss das Verhältniss von CO_2 und O in dem Blute alterirt werden und damit auch dasjenige des Ein- und Ausganges beider Gase in der Lunge.

Der Mechanismus, durch welchen im gesunden Leben dies normale Verhältniss zwischen Ein- und Ausfuhr von Sauerstoff und CO_2 erhalten wird, ist leicht zu übersehen, wenn man bedenkt,

dass im Blute zwei verschiedene Absorptionsmittel vorhanden sind, das eine für Sauerstoff (in den Blutkörperchen) und das andere für Kohlensäure (das Wasser des Bluts). In dem Maasse, in welchem der Träger des Sauerstoffs entlastet wird, belastet sich der der CO_2, und dieser letztere entledigt sich seines Gases an einem Orte, an welchem Sauerstoff zur Sättigung des andern vorhanden ist. Nach diesen allgemeinsten Regeln scheint noch folgendes Besondere von Belang:

a. Abhängigkeit der Aufnahme des Sauerstoffs von dem Gehalt der Lungenluft an diesem Gas. Der Uebergang des Sauerstoffs aus der Lungenluft in das Blut wird so lange fortdauern, entweder bis die Blutkörperchen vollkommen mit O gesättigt sind, oder bis der Gehalt der Lungenluft an Sauerstoff bis auf einen sehr geringen Werth herabgedrückt ist, der dem entspricht, bei welchem die Verwandtschaft der Körperchen und das Ausdehnungsbestreben des Sauerstoffs sich das Gleichgewicht halten. Aber wenn auch in den bezeichneten Grenzen die Bewegung des Sauerstoffs fortdauert, so ist doch ihre Geschwindigkeit abhängig von der Dichtigkeit des genannten Gases in der Lungenluft. Denn der Sauerstoff kann nur zu den Körperchen kommen, inwiefern er vorher vom Plasma absorbirt war, und damit ist aus schon oft ausgesprochenen Gründen der obenhingestellte Satz bewiesen. Das genauere Abhängigkeitsverhältniss zwischen dem Gehalt der Lungenluft an Sauerstoff und seiner Einströmungsgeschwindigkeit in das Blut bleibt freilich unbekannt, weil wir nicht wissen, wie sich in der nächsten Umgebung des Körperchens der Sauerstoffreichthum des Plasma's mit dem der Körperchen ändert. Für physiologische Zwecke ist es nun jedenfalls von Bedeutung, zu wissen, wie gross die Geschwindigkeit des Uebergangs sein muss, damit dem Verbrauch unseres Gases im Leibesinnern Genüge geleistet werden kann, oder mit Rücksicht auf unsere Frage ausgedrückt, in welchen Grenzen darf der Sauerstoffgehalt der Lungenluft schwanken, damit das Leben ungestört erhalten werden könne. Wir sagen, in welchen Grenzen, da sich die Geschwindigkeit des Sauerstoffstroms, beziehungsweise also auch der O-Gehalt der Lungenluft sehr veränderlich gestalten wird mit dem Gang der Lebensbedingungen, wie namentlich mit dem Wärmeverbrauche, der Muskelanstrengung, der Zufuhr neuer Brennstoffe u. s. w.

Zur Erledigung dieser Aufgabe sind von W. Müller einige Versuche angestellt. Da es unmöglich ist, die Uebergangsgeschwindigkeit des Sauerstoffs aus der Lungenluft in das Blut geradezu zu messen, so bediente er sich als Schätzungsmittel für denselben der physiologischen Reaktion, die wir als Athemnoth, die Erstickung mit eingerechnet, bezeichnen. Dieses konnte mit Recht geschehen, da wir wissen, dass im Allgemeinen mit dem Bedürfniss nach Sauerstoff auch der Antrieb zur Athembewegung zunimmt. — Bei seinen Beobachtungen ergab sich, dass die Lungenluft solcher Hunde, die in Folge eines luftdichten Verschlusses der Trachea gestorben waren, gar keinen oder nur noch Spuren von Sauerstoff enthielten. Setschenow hat diese Thatsache bestätigt und zugleich gefunden, dass auch das arterielle Blut solcher Thiere vollkommen frei von O ist.

W. Müller fand weiter, dass aufgebundene, in der Verdauung begriffene Kaninchen sehr bald absterben, wenn ihnen in beliebiger Menge eine Luft mit 3 pCt. O zur Einathmung dargeboten wurde. Bei Hunden war der Erstickungsraum, welcher vom Sauerstoff ganz befreit wurde, relativ klein. Wenn also das Blut, wie es in der That geschah, seinen Sauerstoff in den Körpercapillaren alsbald verlor, so musste das Blut allen Sauerstoff aus der Lunge fortnehmen, vorausgesetzt, dass der Blutwechsel in der Lunge nur noch eine kurze Zeit hindurch andauerte. Diese letztere Bedingung war aber ebenfalls erfüllt, da das Herz zur Zeit, als das Blut aufgefangen wurde, noch fortschlug. Wahrscheinlich war demnach von früher her dem Muskelgewebe noch so viel Sauerstoff beigemengt, als zur Unterhaltung seiner Bewegungen für diese kurze Zeit nothwendig war. — Dem Kaninchen war dagegen eine sehr viel grössere Luftmasse geboten; wenn also der Sauerstoffgehalt der Lunge nicht genügte zur Ueberführung von so viel Sauerstoff, wie ihn das Leben erforderte, so war allmählig der O in dem Gewebe aufgebraucht und es erfolgte darum schon Herzlähmung, also auch Blutstillstand in der Lunge, bevor alle Luft des grössern Raumes genügend lange Zeit mit dem Blut in Berührung gewesen war, um von ihrem Sauerstoff vollkommen befreit zu werden.

Um die Grenze zu erkennen, bis zu welcher der Sauerstoffgehalt der Lunge sinken durfte, wenn er das Leben noch erhalten sollte, leitete W. Müller Luft von constantem O-Gehalt aus dem p. 500 gezeichneten Apparat in die Lunge und liess die Ausathmungsluft in das Freie streichen. Dabei fand er, dass ein auf-

gebundenes verdauendes Kaninchen bei 4,5 pCt. O der Athmungsluft sehr schwer athmete, wie kurz vor der Erstickung; dass bei 7,5 pCt. das Thier etwas tiefer als gewöhnlich Luft einzog, und endlich dass bei 14,8 pCt. die Brust sich wie beim Eingehen atmosphärischer Luft bewegte. — Mit diesen Zahlen sind Angaben von Regnault und Reiset*) in Uebereinstimmung; als diese Letztern wohlgefütterte oder fressende Kaninchen, Hunde, Katzen in einen Raum brachten, dessen Sauerstoffgehalt allmählig sich änderte, fanden sie, dass die Athmung öfter beschwerlich zu werden anfing, wenn die Luft zu Ende des Versuchs weniger als 10 pCt. O enthielt, dass sie dagegen sehr beschwerlich wurde, wenn die Luft 6,4 pCt. O enthielt und dass bei 4 und 5 pCt. die Thiere dem Erstickungstode nahe waren. — Da nun die Ausathmungsluft des Menschen, vorausgesetzt, dass er unter gewöhnlichen Bedingungen athmet, zwischen 14 bis 18 pCt. schwankt, so kann daraus geschlossen werden, dass der Sauerstoffdruck in der Lunge zu allen Abschnitten der Athembewegung noch genügt, um dem Strom des O's in das Blut hinein die nöthige Geschwindigkeit zu geben. Damit er aber nicht unter diesen Werth herabsinke, muss sich die Folge der Athembewegung und damit der Umfang des Luftwechsels dem variablen Verbrauch des O's anpassen, ganz in der Weise, wie wir dieses schon ausführlicher bei der CO_2 besprachen.

b. Aenderung der O-Aufnahme mit der Veränderung des Blutstroms. 1) Wenn sich die mittlere Geschwindigkeit des Blutstroms in Folge geänderter Herzthätigkeit steigert, so wird sich auch die Summe der Blutkörperchen mehren, die in der Zeiteinheit durch die Lunge gehen; denn wir sahen schon früher, dass bei einer geringern Stromgeschwindigkeit die Blutkörperchen aus den centralen in die seitlichen Strombahnen übergehen, dass sich also bei der langsamen Strömung das Plasma rascher weiter bewegt, als die Körperchen. Treten aber mehr Körperchen durch die Lunge, so vergrössert sich auch die Absorptionsfläche für den Sauerstoff. Demnach wachsen im Allgemeinen die Absorption des Sauerstoffs und die Blutgeschwindigkeit gemeinsam. — 2) Die Geschwindigkeit des Blutstroms in den Lungen ändert sich in Folge der Ausdehnung der Lungenwand. Je tiefer die Inspiration, um so länger und enger werden die Lungencapillaren, um so langsamer strömt

*) Annales de chimie et physique 26. Bd. (1849) p. 388 u. f.

also auch das Blut und um so mehr wird sich der Durchmesser der flüssigen Schicht verkleinern, welcher die Blutkörperchen von der Lungenluft trennt. Daraus folgt, dass die Blutkörperchen sich vollkommen mit Sauerstoff sättigen werden und zwar wegen des geringeren Widerstandes, den der Sauerstoff auf seinem Wege zu ihnen findet. — 3) Bei gleicher mittlerer Geschwindigkeit des Blutstroms durch die Aorta kann natürlich das Verhältniss der mittleren Geschwindigkeit in den einzelnen Zweigen derselben sehr veränderlich sein. Es kann also fort und fort gleichviel Blut durch die Aorta fliessen und dabei doch bald dieses und bald jenes Gefässchen mehr Blut in Anspruch nehmen, wie dieses in der That je nach der Grösse der Stromhindernisse, beziehungsweise der Capillarenweite in den Verdauungswerkzeugen, den Muskeln, der Haut u. s. w. geschieht. Nun greift aber jedes Gewebe den Sauerstoff mit ungleicher Kraft an, und es wird demnach auch trotz gleicher mittlerer Geschwindigkeit des Stroms in der Aorta das Blut sehr ungleich reich an Sauerstoff in den Lungen ankommen können.

Die bis dahin dargelegten Einflüsse des Blutstroms auf die Menge und die Eigenschaften der Blutkörperchen in der Lunge begründen mannigfache Veränderungen in dem Herzen und der Athembewegung; und umgekehrt es beziehen sich auf sie auch Eigenthümlichkeiten der Athembewegung. Je sauerstoffärmer bei gleicher mittlerer Geschwindigkeit des Stroms das Blut in das Herz zurückkehrt, um so wärmer wird es auch sein, und um so lebhafter wird es das Herz erregen; dieses könnte einer der Gründe sein, warum nach Muskelbewegungen nur bei bestehender Verdauung der Herzschlag häufiger und kräftiger wird. Entlässt aber die Lunge wegen unzureichenden Luftwechsels die Blutkörperchen nur unvollkommen mit O gesättigt, so wird das verlängerte Mark zu beschleunigten und tiefen Athembewegungen erregt und somit auch der Sauerstoff der Lungenluft vermehrt.

Werden in Folge einer tiefen Einathmung die bisher in den Venen aufgehäuften Körperchen in das Herz entleert, so wird sogleich auch die Wirkung des Sauerstoffs auf sie kräftiger, um so mehr, als auch die Herzschläge häufiger werden (Einbrodt.) — Die tiefen Einathmungen setzen, wie wir sahen, den Uebergangswiderstand des Sauerstoffs zum Blute beträchtlich herab, also können sie, trotz einer niedrigen Sauerstoffspannung in der Lungenluft doch

noch den Strom dieses Gases zum Blut lebhaft machen. Hieraus erklärt sich der Nutzen der tiefen Einathmung in sauerstoffarmer Luft, und es leuchtet ein, wie zweckmässig es ist, dass sich dieser Athmungsweise die sauerstoffbedürftigen Wesen bedienen.

c. Abhängigkeit der Sauerstoffaufnahme von der Bindekraft der Blutkörperchen für Sauerstoff. Bei der Auseinanderlegung des Zusammenhangs zwischen dem Sauerstoffverbrauch und der Bildung von CO_2 und HO wurden schon die Umstände erwähnt, unter denen das Blut von seinem Sauerstoff befreit und somit auch geschickt gemacht wurde, O zu verzehren. Es giebt aber auch noch andere Blutänderungen, welche es bedingen, dass das Vermögen des Blutes, O zu absorbiren, gemindert wird, ja es giebt vielleicht auch solche, die im Stande sind, den einmal aufgenommenen Sauerstoff fester als gewöhnlich zu binden; zwei Zustände, die gleichmässig zu einer Verminderung des Sauerstoffumsatzes führen. Bekannt ist, dass die Absorptionsfähigkeit herabgedrückt oder aufgehoben wird durch Zusätze von Kohlenoxyd (Bernard, F. Hoppe), durch Morphin, Strychnin, Brucin (?), durch Alkohol (Harley).

5. Veränderung des Stickgases. Das Verhalten des Stickstoffs in der Ausathmungsluft hat bis dahin kaum Berücksichtigung gefunden; was um so mehr zu bedauern, als es der Theorie aus mehreren Gründen unmöglich ist, diese Lücke auszufüllen. — Wir benutzen zur Ergänzung des Fehlenden die Resultate, welche aus einer Untersuchung des gesammten thierischen Gasaustausches hervorgegangen sind; die Berechtigung hierfür liegt darin, dass die Lunge die hervorragendste unter allen Athemflächen ist. Aus jenen Beobachtungen ergiebt sich, dass eine diffusive Bewegung des Stickgases fehlen und vorhanden sein kann; die Richtung des Diffusionsstroms kann abermals verschieden sein, indem er das Stickgas zu der einen Zeit aus dem Blute in die Luft und zu einer andern gerade in ungekehrter Richtung führt. — a) Die Ausathmung des Stickgases tritt ein: nach vorgängigem Genuss von Fleischspeisen und Brod (Regnault, Reiset, Barral), ferner während eines Aufenthaltes in einer N-gasfreien Luft (Allen, Pepys, Legallois, Marchand) und zwar in so überwiegender Menge, dass dieselbe nicht abgeleitet werden kann aus dem Rückstand von atmosphärischer Luft, der in den Lungen noch zurückblieb, als das Athmen in dem N-freien Gas begonnen wurde. Da das Blut N-Gas aufgelöst enthält, so ist die Aushauchung desselben unter den zuletzt erwähnten Umständen auch eine Nothwen-

digkeit. — b) Die Aufnahme von N-Gas in das Blut geschieht bei anhaltendem Hungern und c) vollkommen indifferent bleibt es bei einer Nahrung, die aus reinen Vegetabilien besteht.

Da es thatsächlich feststeht, dass der Gehalt der Lungenluft an CO_2, so lebensgefährlich er jenseits gewisser Grenzen ist, die Athembewegung nicht auslöst, sondern dass die Veranlassung zur Bewegung mit dem Mangel an Sauerstoff in Beziehung steht, so muss die Anwesenheit des N-Gases in der Atmosphäre den CO_2-Gehalt des thierischen Körpers in engere Grenzen einschliessen, als wenn wir in reinem O-Gas athmeten. Denn in einem so verdünnten Sauerstoff wird schon eine zur Athembewegung nöthigende Abnahme eingetreten sein, bevor die CO_2 auf einen bedrohlichen Werth gestiegen.

Die Gasvolumina, welche sich in dem Stickstoffstrom bewegen, sind zwar sehr gering gegen den der CO_2 und des O, aber sie sind unter Umständen nicht unbedeutend im Vergleich zu dem Stickstoffgehalt der täglichen Nahrungsmenge. Nach Barral*) soll sich das Gewicht des gasförmig ausgeschiedenen Stickstoffs auf das Dritttheil oder gar die Hälfte des Genossenen belaufen.

6. Veränderung des Gesammtvolums der eingeathmeten Luft. a) Das in die Lunge aufgenommene Gasvolum verändert sich unabhängig von dem dort erfolgenden Austausch permanenter Gase; wenn wir, wie für gewöhnlich, kältere und trocknere Luft ein- als ausathmen, so wird das eingeathmete Luftvolum durch den Wasserdampf und die Wärme vergrössert. Die jedesmalige Zunahme des Volums ist nach bekannten Regeln leicht zu berechnen, wenn die Unterschiede der Temperatur und der Dampfspannung in der Aus- und Einathmungsluft gegeben sind.

b) Eine zweite verwickeltere Betrachtung erstreckt sich auf die Veränderung des ein- und ausgeathmeten Luftvolums in Folge des Gasaustausches. Die Untersuchung über diesen Punkt führen wir unter den Voraussetzungen: dass der Thorax bei der Exspiration genau wieder auf den Punkt zusammenfällt, von dem er bei der beginnenden Inspiration ausgegangen war, und dass die ausgeathmete Luft bei der Vergleichung der betreffenden Volumina genau wieder auf den Barometerstand, Temperatur- und Feuchtigkeitsgrad gebracht werde, den die eingeathmete besass. Bei diesen Annahmen wird der Werth der Veränderung abhängig sein:

*) Statique chimique des animaux, Paris 1850. 270.

von der Menge des ausgehauchten oder eingesogenen Stickstoffs, von dem Kohlensäure- oder Sauerstoffvolum, welches die anderen neben der Lunge bestehenden athmenden Flächen des Thierleibes aufnehmen und abgeben, von der Menge flüssiger Oxydationsprodukte, welche neben der entstehenden CO_2 mit Hilfe des verschluckten Sauerstoffgases gebildet werden. — Da der erste dieser drei Punkte an und für sich klar ist, so wenden wir uns sogleich zur Besprechung der beiden letzteren. Nehmen wir nun zuerst an, es werde der ganze aus der Atmosphäre aufgenommene Sauerstoff innerhalb des Organismus zur Bildung von CO_2 verwendet, die wiederum gasförmig aus dem Blute sich entfernte, so folgte daraus, dass das Gesammtvolum der aus dem Körper ausgeschiedenen Gase gerade so gross sein würde, als das des aufgenommenen Sauerstoffs, weil bekanntlich die aus der Vereinigung von C und O_2 entstehende gasförmige CO_2 genau den Raum einnimmt, den vor der Vereinigung die beiden Atome Sauerstoff besassen. Die Ausscheidung und Aufnahme der Gasvolumina könnte sich nun aber trotz ihrer im Ganzen bestehenden Gleichheit doch auf die verschiedenen mit der Luft in Berührung befindlichen Flächen vertheilen, u. A. so, dass an einem Orte überwiegend mehr CO_2 ausgeschieden und an dem andern mehr O aufgenommen würde; gesetzt also, es bestände die Eigenthümlichkeit, dass die äussere Haut mehr CO_2 ausschied, als sie Sauerstoff aufnähme, so würde in der Lunge dafür ein grösseres Volum von dem letzteren Gas aufgesogen und ein geringeres von dem ersteren abgegeben werden müssen. — Um die Bedeutung der dritten Bedingung, die wir oben anführten, einzusehen, machen wir die Voraussetzung, es werde auf jeder Athemfläche die Gewichtsmenge von Sauerstoff wieder ausgegeben, die sie aufgenommen; dagegen aber soll das in das Blut aufgenommene Sauerstoffgas nicht allein zur Bildung von CO_2, sondern auch zur Erzeugung anderer Oxydationsprodukte verwendet werden. Bei dieser Voraussetzung muss das Verhältniss zwischen dem von und zu der Lunge gehenden Luftvolum abhängig sein von der Verwendung, die das Sauerstoffgas innerhalb des Körpers erfährt, so dass, wenn z. B. die Hälfte desselben zur Erzeugung von CO_2 und die andere zur Verbrennung des Wasserstoffs in Wasser benutzt wird, auch nur die Hälfte des durch die Lungenwand eingedrungenen Luftvolums von ihr wieder ausgeschieden würde.

Eine Vergleichung der gegebenen Betrachtungen mit den bis dahin gewonnenen Erfahrungen ergiebt: 1) Das Volum der ausgeathmeten Luft ist geringer, als das der eingeathmeten. Diese Thatsache, welche Lavoisier entdeckt hat, haben alle genaueren Beobachter nach ihm bestätigt. — 2) Nach dem Genuss von Pflanzenstoffen (Körner, Gras) erreicht der Unterschied zwischen dem eingenommenen Sauerstoffvolum und ausgeathmeten CO_2Volum seinen geringsten Werth, seinen grössten aber nach der Ernährung mit Fleischkost (Dulong)*); Regnault und Reiset geben, wenn das Volum des eingesogenen O = 1 gesetzt wird, als Grenzwerthe der Verhältnisszahlen für den ersten = 1,04 und für den letzten Fall = 0,62 an. — Hungernde Thiere verhalten sich wie fleischfressende. Hinge die Volumverminderung allein von dem Unterschied zwischen dem verschluckten O und der ausgeathmeten CO_2 ab, so müsste sie bei der Fleischnahrung am bedeutendsten werden. Da aber bei Fleischnahrung auch Stickstoff ausgehaucht, beim Hungern dagegen aufgesogen wird, so wird sie in der That unter der letzteren Bedingung am merklichsten sein.

7. Veränderungen des Bluts in den Lungencapillaren. In der Lunge kann sich das Blut ändern durch die Wechselwirkung seiner eigenen Bestandtheile, und dann durch eine solche mit dem Lungengewebe oder mit der in den Lungenhöhlen wechselnden Luft.

Was die Aenderungen in Folge der letzteren Beziehung angeht, so ist ersichtlich, dass sie ein Gegenbild von derjenigen der Lungenluft sein müssen; also wird das Blut auch nach seinem Weg durch die Lunge Wärme verlieren. Bischoff und G. Liebig haben in der That gezeigt, dass das Blut des rechten Herzens um etwas wärmer ist als das des linken. Diese wichtige Thatsache soll in der Lehre von der thierischen Wärme weiter gewürdigt werden. Ausserdem wird aber das Blut auch immer verdunstbare CO_2 und zuweilen N-Gas verlieren und dafür an verdunstbarem Sauerstoff und zuweilen an N-Gas gewinnen. Dieser Satz, der in den bekannten Absorptionsvorgängen jener Gase, in den Bedingungen, unter denen das Blut in der Lunge vorkommt, und in den beschriebenen Veränderungen der Athemluft seine ausgiebige Unterstützung findet, erfährt auch noch dadurch eine Bestätigung, dass die Röthe des Bluts, welches während des Lebens aus dem

*) Schweigger, Journal für Chemie. 38. Bd. 506. (1823.)

linken Ventrikel genommen wird, heller ist als die des Bluts aus der rechten Kammer. Diese Farbenänderung tritt aber bekanntlich nur dann ein, wenn das Blut aus dem zuletzt genannten Behälter CO_2 abdunstet und Sauerstoffgas verschluckt.

Aus mancherlei Gründen wäre es wünschenswerth, diese qualitativen Angaben durch quantitative zu vervollständigen, und hierzu bieten sich scheinbar zwei Wege. Zur Auswerthung des Prozentgehaltes beider Blutarten an Gasen würde es scheinbar am Einfachsten sein, die Luft des Blutes im rechten und linken Ventrikel zu analysiren. Aber hier wie überall steht der vergleichenden Blutanalyse der Einwand entgegen, dass die verglichenen Blutarten namentlich mit Beziehung auf ihren Körperchengehalt, nicht gleich zusammengesetzt waren. — Oder man würde aus der bekannten Menge von Blut und Luft, welche in der Zeiteinheit durch die Lunge geht, und aus der Veränderung, welche die Luft erlitten, zu berechnen haben, wie gross die Veränderung des Blutes an Gasen gewesen sei. Bei der letzten Betrachtungsweise bleibt aber immer einer der Grundwerthe, nemlich die Blutmenge, welche die Lungen durchsetzte, mit beträchtlichen Unsicherheiten behaftet. Stellt man aber dessungeachtet auf Grund der vorliegenden Daten einen Ueberschlag an, so ergiebt sich, dass das Blut des rechten Herzens um etwa 2 Vol. Proz. CO_2 mehr und eben so viel Sauerstoff weniger enthält, als das des linken. Hiermit stimmt es im Allgemeinen, dass das Blut der Venen noch viel abdunstbaren O (Magnus) und das der Arterien noch viel abdunstbare CO_2 enthält (Magnus, L. Meyer, Setschenow).

Nach Vierordt entleert der mittlere Herzschlag 180 CC. Blut; nehmen wir aus der Athmungstabelle desselben Beobachters (p. 523 10. Stunde) eine Minute heraus, in welcher 69 Herzschläge geschehen, so würde in dieser Zeit 12400 CC. Blut durch die Lunge getrieben; in derselben Zeit wurden ausgehaucht 281 CC. CO_2; demnach würden 100 Vol. Blut = 2,3 Vol. CO_2 eingebüsst haben.

Um zu erfahren, ob das Blut in der Lunge noch andere Veränderungen als die abgehandelten erleidet, giebt es ausser der nur sehr bedingungsweise brauchbaren vergleichenden Blutanalyse noch zwei andere Mittel. Das eine besteht darin, die Zusammensetzung der Flüssigkeit, welche die Lunge durchtränkt, festzustellen (Cloëtta) und das andere prüft die Veränderung, welche ein Blut erfahren hat, das durch die Lunge des so eben getödteten Thieres gesprützt wurde (Pavy).

Wenn die vergleichende Analyse darlegen soll, welchen Einfluss die Lunge auf die Gestaltung des Bluts gewinnt, so darf zur Zerlegung nur verwendet werden der Inhalt des rechten und linken Herzens; es sind somit alle Beobachtungen werthlos, bei denen das Blut einer beliebigen Einzelvene mit dem arteriellen verglichen wurde. Denn im rechten Vorhof, dem Ausgangspunkte für den Strom in der Lunge, mischt sich der Inhalt sehr verschiedener Venen, und zugleich der der Lymphstämme. Aber auch die Vergleichung des Blutes beider Herzhälften ist allen Einwürfen in erhöhtem Maassstab ausgesetzt, welche die vergleichende Blutanalyse treffen. Denn weil das rechte Herz den Zusammenfluss aller möglichen Blutarten darstellt, und weil der Querschnitt und die Geschwindigkeit der einzelnen zuführenden Strombahnen in der Zeit sehr veränderlich ist, so muss hier am meisten Gelegenheit zu Aenderungen der Blutzusammensetzung gegeben sein. Darum wird im vorliegenden Falle sogar das Ergebniss der vergleichenden Serumanalyse bedenklich.

Die nach dem beschriebenen Plane angestellten Untersuchungen ergaben: 1) Die Lungensäfte enthalten Inosit, Taurin, Harnsäure, und zwar jedenfalls vielmehr von diesen Körpern, als das Blut (Cloëtta). Woher stammen diese Körper? Sind sie aus der Leber mitgeführt und in die Lunge abgelagert? Ist das Taurin ein Zersetzungsprodukt der Taurocholsäure? — 2) Das Blut des linken Herzens soll nach Chaveau, Harley, Poggiale, Heynsius ebensoviel und mehr Traubenzucker enthalten, als das des rechten, nach Bernard und Lehmann aber weniger. Insofern man den Methoden der genannten Analytiker Zutrauen schenken will, muss man in diesen Widersprüchen die Folgen einer ungleichen Blutmischung in dem rechten Vorhof sehen. — 3) Zuckerhaltiges, fibrinfreies Blut, welches man durch die Lunge des eben getödteten Thieres sprützt, kommt zuckerärmer in den Lungenvenen an (Pavy). — 4) Das Lungenvenenblut soll weniger Faserstoff enthalten, als das der Aorta (?).

Welchen Antheil an der Erzeugung jener Veränderungen das Aufeinanderwirken der Blutbestandtheile, und welchen das Lungengewebe besitzt, ist unmöglich anzugeben. Der oft gehörten Meinung, dass der O, der sich in der Lunge dem Blute beimengt, sehr wirksam sei, steht das gerechte Bedenken entgegen, dass das Blut der Lungenarterien noch immer sehr sauerstoffhaltig ist. Also braucht der Inhalt jenes Gefässes nicht erst auf den aus der Lunge kommenden Sauerstoff zu warten, wenn er sich verändern will.

8. Bau der Lungen. Nach der anatomischen Einrichtung und den physiologischen Folgen derselben kann man in der Lunge unterscheiden die Zuleitungsröhren (trachea und bronchi) und die Behälter für die Mischung und den Austausch der Gasarten, die man ihrer Form wegen passend Trichter (infundibula) nennt

(Rossignol). Wand und Höhlung beider setzen sich ununterbrochen in einander fort. — Die Höhle der Trachea theilt sich gabelig, und ebenso wieder die eines jeden Bronchus und auch die eines jeden seiner Zweige, und so fortlaufend vielmal; dabei bleibt der Querschnitt der Höhle zwar immer annähernd kreisförmig, aber der Radius dieses Kreises nimmt nach jeder neuen Theilung ab, bis er auf 0,2 MM. und weniger, jedoch nicht auf mikroskopische Grösse herabsinkt. Die Wand der Bronchien besteht aus Flimmerepithelien, deren Schlag dem aufgestreuten Körperchen eine Bewegung in der Richtung von den Bronchis zur Trachea ertheilt; ferner aus elastischen und Bindegeweben, aus ringförmigen Muskelzellen und einzeln eingestreuten Knorpelplättchen. In dieser Wand sind kleine traubige Schleimdrüschen eingebettet, die sich in die Bronchialhöhlen öffnen. — Die Infundibula sind blindendigende, keulige oder trichterförmige Auftreibungen von verhältnissmässig bedeutender Grösse, deren Zuspitzung gegen je einen kleinsten Bronchus (bronchiolus) gerichtet ist; die Oberfläche der Keule ist maulbeerartig ausgebuchtet; die einzelnen, an Ausdehnung verschiedenen, halbkugelförmigen Hervorragungen (Cellulae) öffnen sich mit breiter Mündung gegen den Mittelraum der Trichterhöhle. Die sehr dünnen Wandungen der verhältnissmässig grossen Höhle bestehen aus einer elastischen Grundhaut, die von sehr sparsamen Muskelzellen durchsetzt ist (Moleschott) und die auf ihrer inneren Fläche mit einer Schicht von kugeligen Zellen bedeckt ist. — Der Gesammtraum, den die Lunge einnimmt, vertheilt sich zwischen den beiden Bestandtheilen so, dass der weit aus grösste Antheil derselben auf die Infundibula fällt. — Zu jedem dieser beiden durch Wand und Hohlraum unterschiedenen Lungenbestandtheile geht auch ein besonderes Blutgefäss; zu den Bronchis die engere art. bronchialis, zu den Infundibulis die weite art. pulmonalis. Die aus den beiden Arterien hervorgehenden Capillarnetze gehen ineinander über in den kleinsten Bronchis, so dass jedes derselben sowohl von der a. pulmonalis, wie von der a. bronchialis aus vollgesprützt werden kann. — Die Nerven der Lunge kommen aus dem n. vagus und n. sympathicus; ihre Endungen sind unbekannt; sensible Fasern gehören jedenfalls dem n. vagus an. — Aus der Lungenoberfläche kommen zahlreiche Lymphstämme, deren Wurzeln bis zu den Bronchien hin verfolgt werden können. — Die ganze Lunge endlich ist in den Pleurasack eingeschlagen.

9. Chemische Zusammensetzung der Lunge. Der in Wasser unlösliche Antheil des Lungengewebes besteht aus dem unlöslichen Rückstand der Muskeln, des Bindesgewebes etc. — Aus der Lunge kann ein Saft ausgepresst werden, der ausser eiweissartigen Körpern Inosit, Harnsäure, Taurin (Cloëtta), zuweilen auch Leucin (Staedeler und Frerichs) enthält. Aus welchen Formbestandtheilen der Lunge diese Stoffe stammen, bleibt dahingestellt.

10. Wirkungen der Lungenmuskeln. Ihrer anatomischen Anordnung nach können die kleinen Muskeln der Lunge zunächst wohl nur den Durchmesser der Blutgefässe und Bronchien mindern. Da aber alle Bronchien, Trichter und Blutgefässe durch Bindegewebe mit einander verschmolzen sind, so müssen die Zusammenziehungen jener Muskeln auch die muskelfreie Umgebung bewegen, und da ferner muskeltragende Rohre nach allen Richtungen ziehen, so müssen verbreitete Zusammenziehungen die gesammte Lunge zusammenpressen. Dieses lässt sich nach Traube so beweisen, dass man die beiden Lungen eines eben getödteten Thieres in kaltes Wasser wirft, die eine so kurz nach dem Tode, dass voraussichtlich ihre Muskeln noch reizbar sind, und die andere erst dann, wenn voraussichtlich die Reizbarkeit abgestorben. Die erste zieht sich in dem kalten Wasser noch weiter zusammen, die zweite behält dagegen den Umfang, der ihr durch die elastischen Kräfte angewiesen ist, also ist die allseitige Verkleinerung der ersten in der That eine Muskelwirkung. Die Nerven dieser Muskeln sollen, was jedoch auch bestritten wird, im n. vagus laufen (I. Bd. 201). Unbekannt sind die Umstände, unter welchen die lebenden Lungenmuskeln sich bewegen, und die Folgen, welche aus den Bewegungen hervorgehen.

11. Elastische Eigenschaften. Die Lunge und vorzugsweise ihre Trichter vergleichen sich an Elasticität mit den in dieser Beziehung bevorzugtesten Gebilden des Thieres. Sicherlich theilen auch die Lungenwandungen die allgemeinen Eigenschaften der thierischen Elastizität, so dass die Zusammensetzung der sie durchtränkenden Flüssigkeiten und die schon vorhandene Spannung die Dehnbarkeit bestimmt. Also müssen sich oft Veranlassungen finden, durch welche der Elastizitätscoëffizient der Trichterhaut geändert wird, denn sie sind zart und leicht durchdringlich, und dazu in wechselnder Ausdehnung von Luft und Blut umspült. — Nicht minder veränderlich sind die spannenden Kräfte

im Leben, weil sie sich zusammensetzen aus dem Zug des Brustkastens und dem Widerstand, den die Trichter bei ihrer Ausdehnung an dem Blut, den Bronchien u. s. w. finden. — Da endlich die Form des Trichters und die seiner Zellen von dem Elastizitätsmaass ihrer Wand und der spannenden Kräfte abhängt, so wird sich auch jene Form mannigfach, und zwar dauernd oder vorübergehend, ändern.

Ein Beispiel hierfür bietet das Emphysem, ein Zustand, in welchem einzelne Abtheilungen der Lunge auf Kosten anderer sich ausgedehnt haben; der nachtheilige Erfolg dieser Formänderung auf die Athmung ist einleuchtend; einmal werden alle die Blutgefässe, welche zu dem nicht mehr erweiterbaren Trichter gehen, auch nicht mehr an der Athmung theilnehmen, und zugleich wird in den übermässig erweiterten Blasen der Gasaustausch weniger ergiebig sein, weil die Blutgefässe ausgedehnt sind und also der Strom hier einen grössern Widerstand erfährt, als in den Gefässen der zusammengefallenen Bläschen, und weil, gleiches Maass der wechselnden Luft vorausgesetzt, diese mit einem geringen Umfang der Wandfläche in Berührung kommt (wegen der Kugelgestalt der Zellen), und endlich werden zu gleich inhaltsreichen Athemzügen viel grössere Muskelkräfte nöthig sein, weil die auch schon in der Ausathmung übermässig ausgedehnten Bläschenwände der noch weiteren Ausdehnung stärkeren Widerstand bieten. Dieser Zustand findet sich in einem Lungenstück ein, wenn benachbarte Theile den Widerstand, den sie der Ausdehnung bisher entgegenstellten, nicht mehr leisten können, resp. wenn sie an ihrer Ausdehnung selbst behindert werden, so z. B. durch Verschliessung der zuführenden Bronchien, oder durch Verwachsung der sie bedeckenden Pleurablätter, oder wenn wegen eingetretener Unwegsamkeit eines Arterienstämmchens die Gefässe der zugehörigen Trichter durch den Blutstrom nicht mehr ausgedehnt werden u. s. w. Geringere Gefahr als durch eine Aenderung in den mechanischen Bedingungen, scheint der Trichterform zu drohen, durch den häufigen Wechsel einer trockenen oder abgekühlten Luft, oder vielleicht selbst durch eine Aenderung in der chemischen Natur der Säfte, welche die Lunge durchströmten; denn so lange die Zusammensetzung, Wärme und Bewegung des Blutes gesund bleibt, ist es gerade wegen des häufigen Wechsels und der Dünne der Trichterwandungen sowie der vielfachen Gefässausbreitung wegen nicht zu fürchten, dass es zu einer die Form alterirenden Veränderung der E-Coëffizienten kommen sollte. Eine Bestätigung für den Inhalt der letzten Betrachtung scheint darin zu liegen, dass Menschen, welche statt durch die Nase durch eine Luftröhrenfistel athmen, vollkommen gesunde Lungen bewahren (Ulrich)*).

12. Ernährung der Lunge. Die Formfolge bei der ersten Entwickelung derselben ist analog derjenigen anderer gelappter Drüsen; der einzige Unterschied besteht darin, dass die Zellenhäufchen, welche die späteren Aeste und Aestchen darstellen, gleich von vorn herein im Centrum Flüssigkeit führen, nicht aber wie gewöhnlich compakt sind. — Nach der Geburt vergrössert sich die Lunge nur durch die Ausdehnung der vorhandenen Bläschen und Röhren; eine Neubildung kommt nicht mehr vor.

*) Zeitschrift der Wiener Aerzte, 1860. 209.

Obwohl die Oberfläche der gesunden Lunge nur sehr wenig befeuchtet ist, so müssen wir doch annehmen, dass in die Bronchialhöhle hinein eine flüssige Absonderung und zwar aus den dort vorhandenen Schleimdrüsen erfolgt. — Wie die Absonderung beschaffen ist, unter welchen Umständen sie vor sich geht, blieb bis dahin unbekannt. Vorausgesetzt, dass die Bronchialschleimhaut für gewöhnlich absondert, muss die Menge des Saftes so gering sein, dass das Wasser desselben in der Athmungsluft verdampft und die unlöslichen Rückstände durch die Flimmerbewegung entleert werden können. Zu gewissen Zeiten, bei sog. Bronchialkatarrh wird die Absonderung lebhafter. Dieser Zustand, der sich leicht bei Thieren erzeugen lässt, giebt Hoffnung, auch über die Eigenschaften und Bedingungen der normalen Absonderung ins Klare zu kommen. — In die Infundibula hinein erfolgt, wie es scheint, gesunderweise nie eine flüssige Absonderung; es wird dieses wahrscheinlich dem Umstand zu danken sein, dass der Blutstrom in der Lunge mit einem geringern Drucke fliesst und die Lungenhaut sammt ihrem Epithelium der andringenden Flüssigkeit einen genügenden Widerstand leistet. Hemmungen im Stromlaufe, namentlich auf der Seite der Lungenvenen, Veränderungen im Quellungszustande und in der Dehnbarkeit der Lungenhäute, Loslösung des Epitheliums, einseitige Erniedrigung des Luftdrucks in der Lungenhöhle würden demnach in erster Ordnung den Uebertritt von Flüssigkeiten in die Infundibula bedingen. Diese Zustände könnten aber erzeugt werden durch Aenderung des Strombetts, der Reibung, der chemischen Zusammensetzung des Blutes, durch Aenderungen im Erregungszustand der Lungenmuskeln, also auch der zugehörigen motorischen oder reflectorischen Nerven, durch Eindringen fremdartiger Flüssigkeiten z. B. des Speichels in die Lungenhöhle, durch Hemmung des Lufteingangs in die Trachea oder Bronchien. Mit der Grösse der genannten Störungen könnte auch die chemische Zusammensetzung der aus dem Blute übertretenden Flüssigkeit veränderlich werden.

Obwohl alle diese Punkte dem Versuche zugänglich sind, so sind doch nur wenige in Angriff genommen. Zu diesen zählen die von Virchow*) behandelten Fälle von Verstopfung einzelner Aeste der Lungenarterie (Embolie), welche für die Pathologie eine grosse Wichtigkeit erhalten hat, und die Erscheinungen, welche nach

*) Gesammelte Abhandlungen. Frankfurt 1856. 227.

Durchschneidung der nn. vagi *) beobachtet wurden; die letztre Reihe von Thatsachen besitzt unmittelbar physiologische Bedeutung.

Nach Durchschneidung der nn. vagi oder der rami recurrentes dieses Nerven ersticken einige Thiere alsbald in Folge eines ventilartigen Verschlusses der Stimmritze; andere mit steifem Kehlkopf überstehen den Eingriff. Bei Kaninchen, die 18 bis 24 Stunden nach der Durchschneidung beider nn. vagi gestorben, findet die Section in der Trachea serösblutigen Schaum, und in dem Lungengewebe zwischen vollkommen gesunden Stellen einzelne rothgefärbte eingesunkene Partien von kleinerer oder grösserer Ausdehnung; diese veränderten Lungenstücke sind von der Trachea aus noch aufzublasen und wenn man sie einschneidet, so fliesst aus ihnen eine rothe schaumige Flüssigkeit, die der mikroskopischen Analyse nach Blutkörperchen, Körnchenzellen, Lungenepithelien und gewöhnlich auch Speisenreste und Mundepithelien enthält. Haben die Thiere länger als 24 Stunden gelebt, so ist in vielen der veränderten Lungenzellen ein Theil des Inhalts festgeworden, so dass die Zelle nun nicht mehr aufgeblassen werden kann und nach dem Durchschneiden nichts oder wenig ausfliesst. Bei Hunden fehlen die Erscheinungen zuweilen ganz; wenn sie vorhanden, so gleichen sie ganz den beim Kaninchen beschriebenen, mit der Ausnahme jedoch, dass die Speisereste und Mundepithelien fehlen. — Beim Kaninchen kommen dieselben Erscheinungen vor, jedoch ohne Zugabe der Speisereste und Mundepithelien, wenn die Trachea nach Durchschneidung der nn. vagi eröffnet und eine Canüle in sie gelegt wurde, die die Athmung erleichtert und den Uebergang des Mundinhalts in die Lungen unmöglich macht. — Werden die rami recurrentes allein durchschnitten und wird nach Anlegung einer Luftröhrenfistel eine Canüle eingelegt, so bleiben die Lungenveränderungen zuweilen aus; sehr häufig erscheinen sie dagegen gerade so, als ob die n. vagi verletzt wären. — Nach einseitiger Durchschneidung des n. vagus kommt keine Lungenveränderung zum Vorschein. Diese Thatsachen lassen mancherlei Erklärungen offen, aber sie scheinen jedenfalls darzuthun, dass die Lungenänderung keine unmittelbare Folge der Verletzung der Lungenäste des n. vagus ist. Dafür spricht, dass nach einseitiger Durchschneidung auch gar keine Andeutung derselben vorkommt, dass nach doppelseitiger Operation nicht alle, sondern nur einzelne Lungentheile ergriffen sind, dass ferner in einzelnen Fällen die Infundibula ganz unverändert sind, und dass endlich auch die Verletzung der rami recurrentes, die gar nicht zur Lunge gehen, dieselben Folgen wie die Zerschneidung der Stämme nach sich ziehen. — Man hat darum den Grund der Veränderung gesucht in den tiefen Athemzügen oder in dem Eindringen von Speichel; die letztere Annahme, welche Traube in einer gründlichen Arbeit vertheidigt, stützt sich darauf, dass der in die Lunge gespritzte Speichel ebenfalls die genannten Veränderungen hervorruft. Im Hinblick auf einen Theil der obigen Erfolge müsste man, wenn man die Annahme von Traube halten wollte, zu ihr noch den Zusatz machen, dass der im Uebermaass abgesonderte Schleim der Luftröhre dieselben Folgen erzeuge, die er dem Mundspeichel zuschreibt. Darnach bliebe es aber noch immer dunkel, wie der Speichel einwirkt und warum er eine blutige Absonderung erzeugt, die doch ein Platzen der Gefässe voraussetzt.

---

*) Billroth (und Traube), de nature et causa pulmon. affectionis. Berlin 1852. — Fowelin (und Bidder), de causa mortis post vagos dissectos. Dorpat 1851. — Wundt, Müller's Archiv. 1855. — Arnsperger, Virchows Archiv. IV. Bd. — H. Nasse, Archiv für gemeinsame Arbeiten. II. Bd. (1855).

Die Epithelien der Lungenoberfläche sollen sich sehr allmählig abschuppen (Kölliker). — Ueber die Ernährung des formlosen Bindegewebes und der Lymphbildung in der Lunge fehlen Nachrichten.

Nachtrag zur Lungenathmung.

Während des Druckes der letzten Bogen hat Schöffer unter meinen Augen eine Beobachtungsreihe vollendet, deren Ergebnisse auf unsere Vorstellungen über die Lungenathmung von Einfluss sind. Die Versuche selbst, so wie die Begründungen der Methode u. s. w. sind in der Abhandlung nachzusehen, die demnächst in den Sitzungsberichten der k. Akademie erscheinen wird. Alle Zahlen beziehen sich auf 100 Theile; die zu den Gasen geschriebenen Volumina sind auf 1 Met. Hgdruck und 0°C berechnet.

a) Das Blut und das aus demselben Blute abgeschiedene Serum enthalten nicht gleichviel und auf gleiche Art gebundene CO_2.

	Verdunstbare CO_2.	Nur durch Säure abscheidbare CO_2.		Verdunstbare CO_2.	Nur durch Säure abscheidbare CO_2.
Blut	24,62	1,59	Blut	25,78	0,81
Serum	10,20	23,77	Serum	16,65	16,06

b) Das gashaltige und gasfreie Blut treibt, wenn es zum Serum gesetzt wird, aus diesem unter Beihilfe eines niedrigen Luftdrucks den bei Weitem grössten Theil derjenigen CO_2 aus, die aus dem von Blutkörperchen möglichst freien Serum nur nach Zusatz einer Säure ausgeschieden werden kann. So gab z. B. ein Serum, das 16,06 pC. festgebundener CO_2 enthielt, nur noch 1,77 pC. durch Säure abscheidbare CO_2, nachdem es zuvor unter Zusatz gasfreien Blutes ausgepumpt war. Also war die festgebundene CO_2 nicht sämmtlich, sondern nur zum grössten Theil ausgetrieben. In diesem Vermögen der Körperchen einen Theil der CO_2 auszutreiben, ist es begründet, dass aus dem Blut immer viel weniger festgebundene CO_2 gewonnen werden kann, als ihm vermöge seines Gehaltes an Serum zukommen müsste.

c) Aus der ebenerwähnten in Verbindung mit schon bekannten Thatsachen folgt, dass die CO_2 des Blutes auf vier verschiedene Arten gebunden ist, und zwar einfach gelöst als Gas (diffundirt), dann an alkalische Salze ($NaCO_2$ und $2\,NaO\ HO\ PO_5$) gebunden, dann so gebunden, dass sie unter Mitwirkung der Blutkörperchen und endlich so, dass sie nur unter Beihilfe der Säure ausgeschieden werden kann.

d) Eine vergleichende Bestimmung der verdunstbaren CO_2 des Gesammtblutes und seiner phosphorsauren Alkalien ergab, dass

die CO_2 im Allgemeinen jedoch nicht immer mit dem phosphorsauren Alkali wächst. Macht man aber mit Fernet die Annahme, dass für je ein Atom Phosphorsäure, das an Alkalien gebunden ist, 2 Atome CO_2 aufgenommen werden können, so ist das phosphorsaure Alkali meist schon für sich allein genügend, um alle verdunstbare CO_2 des Blutes zu binden. In der folgenden Tabelle, die dieses darthut, ist die PO_5, welche an Alkalien gebunden ist, also die gesammte PO_5 des Blutes nach Abzug der an Erden gebundene aufgeführt. Die PO_5-Bestimmungen sind an derselben Blutmenge gemacht, die auch zur Gasbestimmung diente.

	Verdunstbare CO_2.	PO_5 an Alkalien gebunden.	CO_2, die nach Fernet von den phosphorsauren Alkalien zu binden wären.
Arterienblut	31,66	0,088	27,72
„	26,44	0,109	34,17
„	26,70	0,082	25,83
Venenblut	33,05	0,087	27,62
„	27,83	0,097	30,75
„	21,32	0,077	23,90
„	30,73	0,095	30,01
„	30,54	0,103	32,45
„	32,14	0,099	31,18

e) Eine Vergleichung der CO_2 des Blutes von Thieren, welche 24 Stunden gehungert hatten, mit der CO_2 des sauren Harns, welcher während jener 24 Stunden abgesondert war, ergab im Mittel aus je einem Versuch an 6 verschiedenen Thieren: aus Blut verdunstbare CO_2 = 28,72 pC., aus Harn verdunstbare CO_2 = 3,78 pC.

Da nun die diffundirbare CO_2 sich doch offenbar im Harn und Blut ausgeglichen haben musste, weil ja der Harn aus dem Blute kommt, so ergiebt sich daraus, dass das Blut einen geringen Antheil an diffundirbarer CO_2 enthält.

f) Mit dieser Anschauung stimmen auch die von L. Meyer und Setschenow gemachten Erfahrungen, nach welchen aus dem Blute nur etwa 4 bis 5 pC. CO_2 entwickelt werden können, wenn diese aus dem kochenden Blute in den nicht wieder erneuerten Luftraum, also unter einem geringen CO_2-Druck abdunstet. Schöffer hat nach einem neuen Verfahren die diffundirte CO_2 des Blutes genauer zu bestimmen gesucht; obwohl dasselbe noch nicht allen Anforderungen entsprach, so konnte doch so viel ermittelt werden, dass im Hundeblute die diffundirte CO_2 etwa so viel beträgt, wie es die Harnuntersuchungen verlangen.

g) Also nimmt die Lungenluft viel mehr CO_2 auf als die mit dem Blut geschüttelte Luft und als der Harn; denn es fanden W. Müller und Setschenow den CO_2-Gehalt der Lungenluft beim Ersticken übereinstimmend zu 15 pC. Schöffer fand bei einem Hunde, dessen Blut = 25,45 pC. CO_2, dessen Harn = 3,31 pC. CO_2 enthielt, in der nur wenige Sekunden zurückgehaltenen Lungenluft = 9,01 pC. CO_2. Daraus geht hervor, dass die in der Lunge ausgestossene CO_2 nicht allein von derjenigen stammen kann, welche das Blut schon diffundirt in die Lunge mitbrachte.

h) Eine Vergleichung des gleichzeitig aus dem rechten Herzen und aus der art. carotis entzogenen Blutes derselben Thiere wurde darauf vorgenommen. Beide Blutarten hatten fast genau dieselbe Färbekraft, also wohl auch gleichviel Blutkörperchen. Im Mittel aus 5 Versuchen ergab sich:

	O.	CO_2 verdunstbar.	CO_2 durch Säure abscheidbar.	N.
Arterienblut	16,59	28,70	1,48	1,24
Venenblut	10,78	31,04	3,12	1,08

Also enthält das Arterienblut 2,34 pC. verdunstbare CO_2 und 1,64 pC. durch Säure abscheidbare CO_2 weniger als das venöse. Die auffallendsten unter diesen Angaben, dass das arterielle Blut ärmer an CO_2 ist, die nur durch Säure abgeschieden werden kann, gilt aber nicht etwa blos für den Mittelwerth, sondern für jeden einzelnen der 5 verglichenen Fälle. Dieses kann mit Berücksichtigung feststehender Thatsachen nur dadurch begriffen werden, dass in der Lunge selbst ein Vorgang stattfindet, durch welchen die Basizität des Blutes beeinträchtigt, beziehungsweise sein Antheil an freier CO_2 vermehrt wird.

Nach allem Diesem würde man annehmen müssen: das in der Lunge verweilende Blut wird dort auf eine eigenthümliche, noch nicht näher gekannte Weise geeignet gemacht, seine CO_2 abzugeben; demnach wäre dieses Organ ein spezifisches Ausathmungswerkzeug. Das in den andern Geweben strömende Blut enthält dagegen immer noch einen Ueberschuss an Mitteln, welche CO_2 binden können oder es ist wenigstens die freie CO_2 mit einer niedrigen Spannung begabt; also genügt eine geringe prozentische Anhäufung der CO_2 in jenen Gewebsflüssigkeiten, um einen Strom dieses Gases in das Blut zu veranlassen.

B. Hautathmung.

1. Die Epidermis und das oberflächlichste Gefässnetz sind die anatomischen Theile der Cutis, welche beim Hautathmen vorzüglich in Betracht kommen. — Die luft- und blutscheidende Epidermis ist für alle bis dahin geprüften Gasarten durchgängig gefunden worden; diese Erfahrung ist wichtig, aber ungenügend; man wünscht noch zu wissen, wie mit der Dicke, der relativen Mächtigkeit von Zellen- und Hornschicht, der chemischen Zusammensetzung ihrer Quellungsflüssigkeiten, der Temperatur die Absorptions- und Reibungscoëffizienten der Gase wechseln.

Das Blut, welches in das oberflächliche Netz der Cutis eingeht, strömt dorthin aus den Gefässen, welche die Schweissdrüsen umschlingen, und geht dann in die Hautvenen über. Der Durchmesser seines Bettes in der Cutis ist sehr variabel, wie ohne Messung jeder weiss, der die Farbe und Schwellung der Haut im Gedächtniss hat. Diese Veränderlichkeit ist abhängig von den Muskeln, welche in die Cutis (Haarbälge u. s. w.) und in die Wandungen der Gefässe selbst eingelegt sind. — Ueber die Bewegungen derselben und ihre Ursachen siehe pag. 111 u. f.

2. Die Mittel zur Analyse der Veränderungen welche die mit der Haut in Berührung befindliche Luft erfahren hat, sind einfach die früher schon angegebenen. Schwierigkeiten stellen sich der Untersuchung hier nur beim Auffangen der veränderten Luft entgegen.

Zum Auffangen der durch die Hautathmung veränderten Luft hat man sich bis dahin folgender Einrichtungen bedient: a) Lavoisier und Seguin*) zogen über den nackten menschlichen Körper, den Kopf ausgenommen, einen mit flüssigem Kautschouck dicht gemachten Taftbeutel. Diese Methode hat wesentliche Fehler, namentlich erhöht sie die Temperatur der Haut und den Feuchtigkeitsgrad der Oberhaut; sie stellt die natürlichen Diffussionsbedingungen nicht her für den Wasserdunst, denn der Inhalt des Beutels wird nahebei mit Wasser gesättigt sein, und ebenso nicht für den O und die CO_2, denn der Gehalt der eingeschlossenen Luft an dem ersteren Gas wird bald geringer und der an dem letzteren Gas bald grösser sein, als in der Athmosphäre. Endlich wird höchst wahrscheinlich die Schweissbildung eingeleitet; die Verdunstungsprodukte des Schweisses mengen sich somit der Hautausdünstung bei. — b) Gerlach**) überdeckte nur ein mehrere Quadratzoll grosses Hautstück mit einer gefirnissten Harnblase, die er luftdicht an der Haut befestigt hatte. Dieses Verfahren trifft die vorigen Einwürfe; es hat jedoch den Vorzug, eine weniger bedeutende Störung in die Gesammtausdünstung und Schweissabsonderung einzuführen. Die von ihm zur Analyse des gefangenen Gases angewendeten Verfahrungsarten gehören nicht gerade zu den fehlerfreiesten. —

*) Memoires de l'Academie. 1789. p. 567. 1790. p. 601.

**) Müller's Archiv. 1851. 431.

c) Regnault und Reiset*) schlossen die ganzen Thiere, den Kopf ausgenommen, in einen luftdichten Sack ein, und leiteten durch denselben einen Luftstrom; diese Methode vermeidet zwar die oben gerügten Fehler, setzt dagegen einen neuen an ihre Stelle, indem sie das Thier zu einer fast vollkommenen Ruhe seiner Gliedmaassen zwingt. — d) Scharling**) bediente sich eines luftdicht schliessenden Kastens, durch den ein Luftsrom geführt werden konnte; der Deckel desselben war von einem Kautschouckrohr durchbohrt, das innerhalb des Kastens in eine Maske auslief. Die Maske wurde luftdicht vor das Gesicht der Person gebracht, welche sich behufs der Untersuchung in dem Binnenraum des Kastens aufhielt. Das zu beobachtende Individium wurde nackt oder bekleidet eingeschlossen. Die Luft, welche das Lungenathmen unterhielt, wurde also durch das Kautschouckrohr in die Lunge geführt und auf demselben Wege, ohne sich mit der Luft des Kastenraumes zu mischen, wieder ausgestossen Dieses sonst tadelfreie Verfahren erlaubt, nur die CO_2 und annähernd den Wasserdunst zu bestimmen; von diesen beiden hat Scharling nur die erstere in Betracht gezogen.

3. Die Veränderungen, welche die mit der Haut in Berührung kommende atmosphärische Luft erfährt, bestehen darin, dass Wärme, Wasserdunst, Kohlensäure und Stickgas (?) ihr zugefügt und Sauerstoffgas (?) ihr entzogen wird.

Die Wärmemenge, welche die Oberhaut in der Zeiteinheit durch Leitung und Strahlung verliert, muss nach bekannten Grundsätzen sich mehren, a) wenn die Temperatur der Cutis steigt; Dieses geschieht bei Annahme einer constanten Temperatur des Blutes mit der Ausdehnung der Gefässe und der Geschwindigkeit des Blutstromes; — b) mit der abnehmenden Dicke der Epidermis, welche, als ein schlechter Wärmeleiter, dem Durchgange der Blutwärme einen um so grösseren Widerstand entgegensetzt, je stärker die Schicht ist, die über den Gefässen liegt; — c) mit der Temperaturerniedrigung der die Epidermis umgebenden Luft, und darum auch mit dem Luftwechsel. Denn die Luft, als ein schlechter Wärmeleiter, würde, wenn sie ruhig auf der Oberhaut läge, ähnlich der Epidermis wirken.

Die Menge des Wasserdunstes, welche in der Zeiteinheit aus der Oberhaut tritt, wird sich mehren a) mit der relativen Sättigung der Atmosphäre durch Wasserdampf; im Allgemeinen verlieren wir aus diesem Grunde durch die Haut mehr Wasser im Sommer, als im Winter; — b) mit dem Luftwechsel, indem dieser die schon dem Sättigungspunkte näher stehende Luft durch andere weniger gesättigte ersetzt; — c) mit dem abnehmenden Barometerstand, indem ein niedriger Luftdruck die Dampfbildung beschleunigt; —

*) Annales de chimie. XXVI. 505.

**) Journal für praktische Chemie. 36. Bd. 454.

d) mit der Ausbreitung des Blutstromes in der Cutis, indem hiervon die Feuchtigkeit und der Temperaturgrad der Oberhaut abhängt; — e) mit der abnehmenden Dicke der Oberhaut, weil dieselbe dem Durchgange der Feuchtigkeit, welche auf ihrer Oberfläche die Dunstform annehmen soll, einen Widerstand entgegensetzt.

Eine experimentelle Prüfung der theoretischen Forderungen ist noch nicht unternommen worden, da alle die zahlreichen Versuche, die bis dahin über Wasserverdunstung durch die Haut angestellt wurden, auch zugleich die Schweissbildung berücksichtigt haben. Jedenfalls ist der Wasserverlust, den der menschliche Körper auf diesem Wege erleidet, beträchtlich.

Die in der Zeiteinheit, z. B. in der Stunde, von der Haut der untersuchten Thiere gelieferte CO_2menge fanden Regnault und Reiset, im Vergleich zu der während derselben Zeit aus der Lunge ausgehauchten, gering und zugleich bei demselben Thiere, das sich scheinbar unter denselben Verhältnissen befand, wechselnd; sie sind darum geneigt, die Annahme zu machen, dass in den Fällen, in welchen der CO_2gehalt der Luft in den oben beschriebenen Säcken reichlicher als gewöhnlich ausfiel, zugleich durch den After eine Entleerung dieses Gases stattgefunden habe. — Scharling's Untersuchungen am Menschen stimmen annähernd mit den vorhin genannten, was das Verhältniss zwischen dem Verlust der CO_2 durch Lungen und Haut anlangt. Wird der CO_2verlust aus der Lunge zu 1 gesetzt, so schwankt der aus der Haut zwischen 0,016 und 0,031. Die höheren Zahlen beobachtete er bei Erwachsenen, die niederen bei Kindern. Wir geben hier die absoluten Werthe, welche er für 1 Stunde gefunden hat; sie beziehen sich auf dieselben Menschen, die in der Tabelle p. 529 erwähnt sind; sie sind auch hier in dieselbe Reihenfolge gestellt: Knabe ($9^3/_4$ J.) = 0,181 Gr.; Jüngling (16 J.) = 0,181 Gr.; Mann (28 J.) = 0,373 Gr.; Mädchen (10 J.) = 0,124 Gr.; Frau (19 J.) = 0,272 Gr.; — Gerlach beobachtete dagegen, wie es scheint, an Menschen eine reichlichere CO_2ausscheidung; diese soll sich mehren mit der Muskelanstrengung und der steigenden Temperatur der Atmosphäre; die letztere Annahme wird theoretischerseits darum wahrscheinlich, weil zu der bezeichneten Zeit die Gefässe der Cutis angefüllter sind, als in der Kälte.

Ueber das Verhalten des Ngases befinden wir uns noch vollkommen im Unklaren. Collard de Martigny*) giebt an, dass nach Fleischkost Ngas ausgehaucht werde (?).

*) Wagner's Handwörterbuch. II. Bd. Artikel Haut von Krause. p. 141.

Die Aufnahme von Sauerstoffgas durch die Haut ist zwar theoretisch wahrscheinlich, aber durch den Versuch noch nicht vollkommen erwiesen. Die Beobachtungen von Regnault und Reiset lassen einen Zweifel übrig, weil sie nicht die absolute Menge des Sauerstoffs, der durch den Sack gegangen war, bestimmten, sondern nur sein Verhältniss zur CO_2 und dem N gas. Sie fanden nun die Luft so beschaffen, dass, wenn man annahm, es sei ihr Stickstoffgehalt durch das Hautathmen nicht verändert worden, gerade so viel Sauerstoff verschwunden war, als sich hiervon in der ausgehauchten CO_2 wiederfand. Diese Annahme ist aber durch Nichts bewiesen. Entscheidender würden die Versuche von Gerlach für die Sauerstoffabsorption sprechen, wenn uns die Fehlergrenzen seiner Beobachtungsmethode besser bekannt wären. Er fand nemlich den Sauerstoff im Verhältniss zum Stickstoff so beträchtlich vermindert, dass eine ganz ausserordentliche Stickstoffaushauchung hätte stattfinden müssen, wenn kein Sauerstoff aus der mit der Haut in Berührung gewesenen Luft verschwunden wäre. In allen seinen Versuchen war das Volum des aufgenommenen Sauerstoffs, gerade entgegengesetzt dem Verhalten in der Lungenluft, viel geringer, als das der ausgeschiedenen CO_2. Die verschwundene Menge wuchs auch hier mit der Temperatur der Luft und der Muskelanstrengung des Thieres.

4. Der absolute*) Werth des Gewichtsverlustes, den wir den Tag über durch die Hautausdünstung erleiden, ist noch niemals für sich gemessen worden, sondern immer gemeinsam mit dem durch eine etwa dazwischen eintretende Schweissbildung veranlassten. Da nun diese letztere noch viel variabler ist als die erstere, so lässt sich durchaus nichts allgemein Giltiges sagen. — Ziehen wir aber die vorliegenden Untersuchungen in Betracht, so ergiebt sich, dass bei mittlerer Lebensart und Temperatur das Gesammtgewicht des täglichen Verlustes durch die Haut um den Werth von 500—800 Gr. schwankt. Offenbar ist dieser Verlust vorzugsweise durch die Wasserverdünstung bedingt, wie die vorstehenden Bemerkungen über CO_2ausscheidung deutlich zeigen.

C. Gesammtgaswechsel des thierischen Körpers.

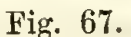
Die Bindung und Ausscheidung von Luft auf Haut, Lunge und Darmkanal stehen in mannigfachen Beziehungen zu einander, so dass sie sich theilweise gleichzeitig steigern, theils aber auch ergänzen,

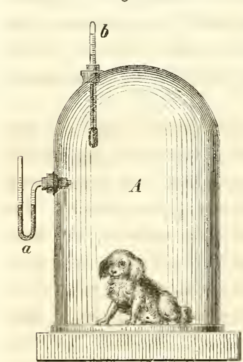
*) Krause in Wagner's Handwörterbuch. II. Bd. p. 136.

indem mit dem Sinken der Athmung auf einer der bezeichneten Flächen diejenige auf einer anderen im Wachsthum begriffen ist. Da eine theoretische Feststellung dieses Zusammenhanges vorerst noch unmöglich ist, so sind die Versuche, welche sich über den Gesammtaustausch der Gase erstrecken, einzig und allein unser Haltpunkt.

Die Methoden, mit denen die Ausscheidung und Bindung der Gase durch das Thier untersucht wurde, sind im Prinzip zwei wesentlich verschiedene; die eine von ihnen bestimmt alle oder einzelne der aufgenommenen Gasarten geradezu, während die andere sie aus dem Gewichtsunterschiede der festen und flüssigen Bestandtheile der Nahrungs- und Ausscheidungsstoffe ableitet. — 1. Die direkten Wege sind nun aber selbst wieder verschiedene.

a) Berthollet*) führt die zu beobachtenden Thiere in ein genau gemessenes Luftvolum von bekanntem Druck, bekannter Temperatur und Zusammensetzung ein und lässt sie in demselben so lange verweilen, bis sich die Zeichen der beginnenden Erstickung einstellen; er bestimmt dann von Neuem Temperatur, Druck und Zusammensetzung der Luft, in welcher die Thiere enthalten waren. Auf diese Weise erhält er die absolute Menge der ausgeschiedenen und eingenommenen permanenten Gasarten. Das Schema des Apparates, den er hierzu anwendet, ist in Fig. 67 gegeben. *A* ist der luftdichte Kasten von bekanntem Rauminhalt, *a* ein Quecksilber-Manometer, das den Unterschied des Druckes in der Atmosphäre und den Inhalt des Kastens angiebt, *b* ein Thermometer, welches die Temperatur der Luft im geschlossenen Raume misst. Ist nun der Rauminhalt des Behälters bekannt, so kann man jederzeit die Menge von Luft berechnen, welche er enthält, vorausgesetzt, dass man den barometrischen Druck, unter dem sich diese Luft befindet, und den Temperaturgrad derselben kennt. Ist somit das Gesammtgewicht der Luft festgestellt, so genügt es, einen kleinen Antheil des Inhaltes zu analysiren, um das absolute Gewicht jeder einzelnen Gasart in dem Gemenge zu finden, indem aus der gefundenen prozentischen Zusammensetzung die des ganzen Gemenges berechnet werden kann. Dieser sinnreiche Apparat erlaubt aber nur beschränkte Anwendung, da die eingeschlossenen Thiere sehr bald statt in reiner Luft, in einem Gasgemische athmen, das reich an CO_2 und arm an Sauerstoff ist, wodurch die natürlichen Bedingungen der Athmung wesentlich umgestaltet werden. — Dieser Einrichtung hat sich ausser Berthollet auch noch Legallois**) bedient.


Fig. 67.

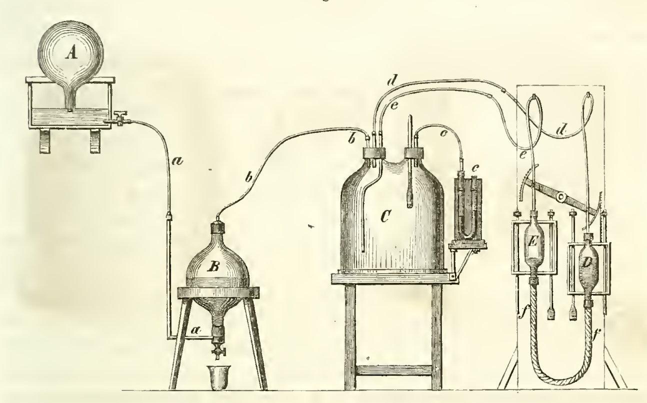


b) Regnault und Reiset***) haben den eben beschriebenen Apparat wesentlich dadurch verbessert, dass sie mit dem Kasten eine Einrichtung in Verbindung bringen,

*) Schweigger, Journal für Chemie und Physik. I. Bd. 173.
**) Annales de chimie et physique. IV. Bd. (1817). 1 u. 113.
***) Annales de chimie et physique. 26. Bd. (1849). 310.

welche es möglich macht, dass die in jedem Augenblicke gebildete CO_2 absorbirt und durch das entsprechende Volum von Sauerstoffgas ersetzt wird, so dass der Druck und die Zusammensetzung der Luft innerhalb und ausserhalb des Behälters sich nahezu unverändert erhält. Ihr Apparat (Fig. 68) ist aus folgenden Theilen zusammengesetzt:

Fig. 68.



A stellt ein Wassergefäss vor, dass durch die Röhre *aa* in den Ballon *B* mündet, welcher bei Beginn des Versuchs mit Sauerstoffgas gefüllt ist; dieser steht durch die Röhre *bb* in Verbindung mit dem Behälter *C*, der das athmende Thier aufnimmt. In diesen Raum öffnen sich das Manometer *cc* und die zwei Schläuche *dd* und *ee*, welche letztere in zwei mit Kalilösung gefüllte Ballons *D* und *E* eintreten. Die zuletzt erwähnten Kaligefässe können mittelst eines Uhrwerkes in eine Bewegung gebracht werden, bei der das eine von beiden jedesmal aufsteigt, wenn das andere niedergeht. Da beide durch die Röhre *ff* communiziren, so entleert sich der flüssige Inhalt des aufsteigenden in das absteigende Gefäss, und dafür entleert das letztere seine Luft in den Behälter *C*, während das erstere sich aus diesem mit Luft füllt. Diese Wegnahme resp. Einfüllung von Luft aus den Kalifässen geschieht nun aber wegen der Aufstellung der Röhren *ee* und *dd* abwechselnd aus den oberen und den unteren Schichten des Athmungsbehälters. — Diese Weise zu beobachten lässt nichts zu wünschen übrig, und da ihre Erfinder zugleich zur Bestimmung der Gasarten vollendete analytische Hilfsmittel in Anwendung brachten, so besitzen unzweifelhaft ihre Beobachtungen das Uebergewicht über alle anderen. Ein ähnliches Prinzip hat Marchand*) bei einem Theile seiner Versuche benutzt; es ist aber in seiner Ausführung nicht zu der erreichbaren Vollkommenheit gediehen.

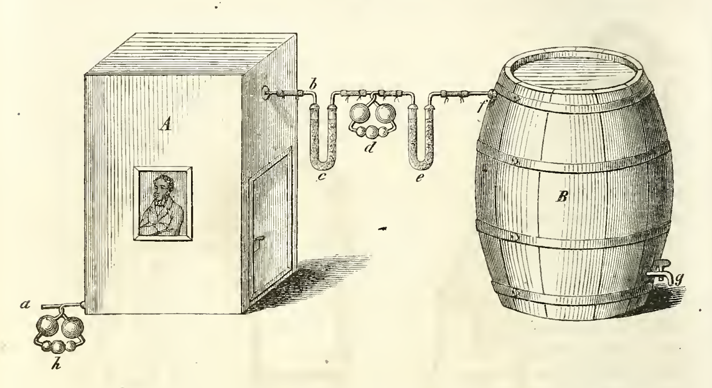
c) Das Verfahren von Scharling**) endlich beabsichtigt nicht alle, sondern nur einzelne Veränderungen, welche die Luft durch das Athmen erfährt, und insbesondere die gebildete CO_2 zu bestimmen. Er führt seine Beobachtungsobjekte in den luftdicht

*) Journal für praktische Chemie. 44. Bd. 1.

**) Liebig's Annalen. 45. Bd. 214, und Journal für prakt. Chemie. 48. Bd. 435.

schliessenden Kasten *A* (Fig. 69) und leitet durch diesen einen kohlensäurefreien Luftstrom, der bei *a* in und bei *b* aus dem Kasten dringt. Die aus der Atmosphäre kommende Luft geht, bevor sie in den Kasten gelangt, durch einen mit Kali gefüllten Kugelapparat von Liebig *k*. Aus der andern bei *b* befindlichen Oeffnung führt ein

Fig. 69.



Rohr durch mancherlei Zwischenstücke in ein grosses mit Wasser gefülltes Fass (*B*), dessen Inhalt aus der mit einem Hahne versehenen Oeffnung *g* in beliebig raschem Strome gelassen werden kann. Der Luftstrom, der durch das Rohr *bf* von dem ausfliessenden Wasser angesaugt hindurchging, musste zuerst einen gebogenen Abschnitt *c*, der mit SO_3 und Bimsteinstücken gefüllt war, dann einen Liebig'schen Kugelapparat *d* und darauf abermals ein Schwefelsäurerohr *e* durchlaufen. Die Gewichtszunahme, welche die Stücke *d* und *e* während des Versuches erfahren, rührt von der beim Athmen gebildeten CO_2 her. Diese Methode ist mit geringen Abweichungen von Letellier*), Lehmann**), Erlach***), Philippi†) u. A. in Anwendung gebracht.

2. Die indirekte Methode zur Ermittelung der Gesammtmenge der Athmungsprodukte hat Boussingault††) und nach ihm Barral†††), Scharling§) u. A. benutzt. Sie besteht darin, dass man einmal ermittelt, wie viel N, C, H während eines Tages in der Nahrung aufgenommen und ebenso bestimmt, wie viel derselben in der nemlichen Zeit durch den Harn und Koth entleert wurde. Unter der Voraussetzung, dass zu Beginn und Ende der Beobachtungszeit der thierische Körper dieselbe quantitative und qualitative Zusammensetzung besitzt, und dass kein Verlust an Speichel, Hautabschuppung, Härung u. dergl. vor sich gegangen, giebt der Unterschied zwischen den aufgenommenen und entleerten Gewichten an N, C, H geradezu die gasförmigen

*) Annales de chimie et physique. XII. Bd. (1845) 478.
**) Abhandlungen der K. sächsischen Gesellschaft der Wissenschaften für 1845. 461.
***) Versuche über Respiration einiger mit Lungen athmender Wirbelthiere. Bern 1846.
†) Valentin's Jahresbericht über Physiologie für 1845. 222.
††) Annales de chimie et physique X. (1844) 456.
†††) Statique chimique des animaux. Paris 1850. 230. — Journal für prakt. Chemie. 48. Bd.
§) Journal für prakt. Chemie. 36. Bd.

ausgeschiedenen Gewichte der bezeichneten Stoffe. Es sind die hierbei angenommenen Voraussetzungen nicht in allen bisher angestellten Versuchen erwiesen. Wenn sie somit Vertrauen erwecken sollen, so müsste wenigstens die empirische Anwendbarkeit vorgängig dadurch festgestellt werden, dass man einige Zeit hindurch gleichzeitig feste, flüssige und luftförmige Ausleerungen der beobachteten Individuen bestimmte, um zu sehen, ob ihre Summe und atomistische Qualität gleich ist derjenigen der Nahrung.

Aus den Versuchen über Gesammtausscheidung der Gase ergab sich:

1. Aus dem thierischen Körper wird Kohlensäure, Wasserstoff, für gewöhnlich auch Stickstoff und gasförmiger Kohlenwasserstoff ausgestossen; die Ausscheidung des Kohlenwasserstoffs geschieht wahrscheinlich aus dem Darmkanal; sie ist zugleich meist so unbedeutend, dass sie vernachlässigt werden kann.

Schwefelwasserstoff, obwohl wahrscheinlich vorhanden, ist bis jetzt noch nicht aufgefunden. Die Ausscheidung von Ammoniak ist behauptet (Marchand) und bestritten (Regnault, Reuling).

2. Die Qualität und Quantität der ausgehauchten und aufgenommenen Gase steht in innigster Beziehung zur Nahrung. Stickstoff wird in beträchtlichster Menge nach reiner Fleischdiät, in geringer Menge nach dem Genusse von Brod ausgestossen; dieses Gas wird dagegen aus der Atmosphäre während des Hungerns aufgenommen. — Von der gesammten Menge des aufgenommenen Sauerstoffs ist nach Brodnahrung bis zu 0,9, nach Fleischnahrung und Hungern bis zu 0,7 und nach sehr fetthaltiger Nahrung 0,6 in der ausgeschiedenen CO_2 wieder enthalten. Diese Thatsachen erlauben die Ableitung, dass ein grosser Theil der aufgenommenen Nahrung alsbald dem Oxydationsprozesse verfalle, dessen Endprodukte auch wieder ausgeschieden werden. Der Theil des aufgenommenen Sauerstoffs, welcher sich unter den Auswürflingen nicht wieder mit Kohlensäure vereinigt findet, ist natürlich verwendet worden zur Herstellung anderer Verbindungen. Unter der obigen Voraussetzung muss aber dieser letztere Antheil des verzehrten Sauerstoffs nach fettreichen Mahlzeiten grösser als nach brodreichen sein, wie schon auf S. 471 erörtert wurde.

3. Rücksichtlich der Beziehung zwischen Athmung und Körpergewicht ist thatsächlich festgestellt, dass bei zureichender Nahrung und sonst gleichen Umständen die Menge des eingeathmeten Sauerstoffs (Regnault, Reiset) und der ausgeathmeten CO_2 dem Körpergewicht nicht genau proportional steigt. Namentlich bilden leichtere Säugethiere im Verhältniss zu ihrem Körpergewicht viel mehr CO_2, als schwerere und grössere (Erlach). Diese Thatsache erlaubt zwei Erklärungen: entweder enthalten kleine Thiere ver-

hältnissmässig mehr Gewebe, die der raschen Oxydation anheimfallen, oder es sind bei ihnen Einrichtungen vorhanden, vermöge deren die Verbrennung rascher vor sich geht. Fraglich ist es noch, ob diese Erfahrung auf Menschen von verschiedener Grösse anwendbar ist.

4. Anstrengungen der Muskeln steigern sehr rasch die gelieferte Menge der CO_2 und zwar so bedeutend, dass sie mehr als das Fünffache des gewöhnlichen Mittelwerthes betragen kann (Scharling, Hirn).

5. Die Unterdrückung der Hautausdünstung, wie sie dadurch erzeugt wird, dass man die Thiere mit Leim oder einem Leinölfirniss überzieht, bringt nach Regnault und Reiset keine merkmerkliche Störung in das Resultat des Gesammtgasaustausches. Namentlich mindert sich hierdurch weder die Menge des ausgeschiedenen Stickstoffs, noch die des aufgenommenen Sauerstoffs, und eben so wenig ändert sich das Verhältniss dieses letzteren zu der ausgestossenen CO_2.

Dieses Ergebniss deutet darauf hin, dass der Tod, den man nach Anwendung eines luftdichten Verschlusses der Haut eintreten sah, ganz anderen Gründen als der Störung des Wechsels der permanenten Gase zuzuschreiben ist, siehe Gerlach, Valentin, Cl. Bernard*).

6. Wenn man Fröschen grosse Blutverluste beibringt oder ihnen die Leber ausschneidet, so geben sie weniger CO_2 in der Zeiteinheit aus, als vorher. Nach der letzteren Operation soll der Ausfall zu gross sein, als dass er allein aus dem Blutverluste abgeleitet werden könnte (Moleschott)**).

7. Bei normalem Gehalte der Luft an Stickstoff und Sauerstoff soll die Menge der gelieferten CO_2 wechseln mit ihrem Temperatur- und Feuchtigkeitsgrade und dem Barometerstande.

a) Nach Letellier liefern dieselben Thiere bei 0^0 C noch einmal so viel CO_2, als bei 30^0 C; sie dunsten dagegen in höheren Temperaturen mehr Wasser aus. Dieser Wasserverlust nimmt bei längerem Aufenthalte in der höheren Temperatur rasch ab und erreicht endlich nach mehreren Stunden einen constanten Werth.

b) Nach Lehmann mehrt sich die Menge der ausgeschiedenen CO_2 mit der steigenden Feuchtigkeit der Luft.

---

*) Gerlach, Müller's Archiv. 1841. p. 467. — Valentin's Archiv f. phys. Heilkunde 1858. — Cl. Bernard, Leçons sur les liquides. 1. Bd. 277.

**) Müller's Archiv. 1853, und Wiener mediz. Wochenschrift. 1853. 162.

c) Mit dem steigenden Barometerstande soll sich nach Lehmann die Menge der ausgestossenen CO_2 mehren; ihm steht die Versuchsreihe von Legallois entgegen, wonach bei abnehmendem Luftdruck eher auf eine Zunahme als auf eine Abnahme der Kohlensäureausscheidung zu schliessen wäre.

8. Bei einem längeren, nahezu 24stündigen Aufenthalt der Säugethiere in einer Luft, deren Zusammensetzung von der atmosphärischen abweicht, ergeben sich aus den Regnault-Reiset'schen Versuchen:

a) In einer Luft von der prozentischen Zusammensetzung $CO_2 = 3{,}01$; $O = 17{,}42$; $N = 79{,}57$ nahm in der Zeiteinheit ein Hund mehr O auf und hauchte mehr CO_2 aus, als in einer gleich temperirten Luft von der Zusammensetzung $CO_2 = 0{,}77$; $O = 17{,}70$; $N = 81{,}53$. — Die Beobachtung, dass dasselbe auf gleiche Weise gefütterte Thier in einer Luft von demselben O- und grösseren CO_2-Gehalt mehr O aufnahm und mehr CO_2 abgab, zeigt in Verbindung mit andern Erfahrungen, dass die wesentliche Ursache der erhöhten Ausscheidung von CO_2 in einer grössern Lebhaftigkeit ihrer Bildung gelegen ist.

b) In einer Atmosphäre, deren prozentische Zusammensetzung vom Beginn bis zu Ende des Versuches zwischen $CO_2 = 1{,}66$, $O = 59{,}75$, $N = 38{,}59$ und $CO_2 = 1{,}89$, $O = 57{,}62$, $N = 40{,}19$ wechselte, hauchte das zu den vorigen Versuchen benutzte und in gleicher Weise gefütterte Thier nicht mehr N aus und nahm nicht mehr O auf, als in einer Luft von nahebei normaler Zusammensetzung.

Bemerkenswerthe Versuche mit einer Atmosphäre, deren Stickstoff zum grössten Theil durch Wasserstoff ersetzt war, siehe bei Regnault und Reiset, l. c. p. 500. — Warmblüter (Mäuse und Vögel) geben im grünen und rothen Licht gleichviel CO_2 ab. Frösche dagegen im grünen bis zur Hälfte mehr als im rothen; zieht man ihnen die Haut ab, so geben sie mehr im rothen als im grünen Licht. Der Einfluss der Lichtarten macht sich auch auf ausgeschlachtetes Fleisch, das noch nicht todtenstarr ist, geltend (Beclard)*).

Die Angaben, welche aus der Anwendung der indirekten Methode fliessen, sind nachzusehen in dem Abschnitte, der von der Vergleichung der Ausgaben und Einnahmen des thierischen Körpers handelt.

*) Compt. rend. 46. Bd. 441.

Umsetzung des Blutes innerhalb der Gefässe.

Am Schlusse eines Abschnittes, der vorzugsweise von den Umsetzungen der Atome des Blutes handelt, nachdem diese die Gefässhöhlen verlassen haben, erscheint es nicht unpassend, darauf einzugehen, ob das Blut auch innerhalb der Gefässröhren eine Umsetzung erfahre. Für die Möglichkeit einer solchen spricht zuerst die Zusammensetzung des Blutes aus Verbindungen, die bei der Temperatur des thierischen Körpers durch den Sauerstoff so leicht umgesetzt werden, und dann die zahlreiche Berührung mit verschieden geeigenschafteten Flüssigkeiten, aus denen das Blut Stoffe aufnimmt, die theils zu einander und theils zu den ursprünglichen Blutbestandtheilen lebhafte Verwandtschaft zeigen, theils gährungerzeugend*) und theils gährend sind. Dazu kommt, dass in der Blutflüssigkeit ein eigenthümliches Gewebe, die Blutkörperchen, schwimmt, welches von spezifischer Zusammensetzung auch eine von der des Blutplasmas abweichende Umsetzung darbieten muss. Nach dieser Einleitung ist man erstaunt, zu erfahren, dass sich die Beweise für das thatsächliche Bestehen der Umsetzung des Blutes nur sparsam auffinden lassen, und dass die Art des chemischen Vorganges in ein vollkommenes Dunkel gehüllt ist.

Mit Gewissheit darf man behaupten, dass ausser den Stoffänderungen, welche bei der Athmung in der Lunge vor sich gehen, die Lymph- und Blutkörperchen umgeformt und vielleicht auch im Blut zerstört werden. Ohne diese Annahme würde es unverständlich sein, warum sich die beiden Formbestandtheile bei stetiger Neubildung und Zufuhr nicht ins Unendliche im Blute anhäufen, da sie doch nicht als solche aus dem Blutstrome austreten können, so lange die Gefässwandungen unverletzt sind. Ebenso deutlich weist auf einen chemischen Vorgang im Blute das Flüssigbleiben des Faserstoffs hin und wahrscheinlich wird im Blute die Hippursäure aus ihren nähern Bestandtheilen zusammengestellt.

---

*) Buhl, Henle's und Pfeufer's Zeitschrift. N. F. VI. Bd. p. 100.

III. Blutbildung.

Das Blut ergiesst in den Binnenraum des Körpers, in dessen Höhlen und Gewebe fortwährend Atome, durch welche der chemische Umsatz in den letzteren bestritten wird, und aus ihm gehen auch die Stoffe hervor, welche die auswerfenden Drüsen im Gange erhalten. Diese Erscheinungsreihe setzt nothwendig voraus, dass die Atome, welche in die Gewebe und die geschlossenen Höhlen ausgesendet waren, wieder zum Blut zurückkehren, damit ihre Ausscheidung auf Haut, Lunge und Niere möglich sei, und ferner, dass von aussen her wägbare Stoffe in den Körper eingeführt werden, welche den Verlust decken, den das Blut als Gewebsernährer erleidet. Naturgemäss zerfällt also die Lehre von der Blutbildung in die Darstellung des Rückstroms aus den Geweben (Resorptio) und in die Aufnahme und Verdauung der Speisen (Nutritio).

Aufsaugung aus den Geweben.

Einleitung. Der Strom, welcher aus den Geweben in das Blut zurückgeht, muss, wenn auch sein Umfang und seine mittlere Geschwindigkeit nur unvollkommen bekannt sind, jedenfalls als ein mächtiger angesprochen werden, der im Körper des erwachsenen Menschen täglich nach Kilogrammen zu schätzen ist. Diese Masse, welche weitaus die Ausscheidungen in den auswerfenden Werkzeugen übertrifft, macht es von vorne herein begreiflich, dass der Rückstrom nicht allein die Umsetzungsprodukte der Gewebe und der Gewebsflüssigkeiten führen kann. Die chemische Untersuchung, so weit sie vorgenommen, bestätigt dieses, indem sie nicht allein erkennen lässt, dass in dem aus den Geweben wieder aufgesogenen Lösungsgemenge die wesentlichen Blutbestandtheile in unveränderter Eigenschaft enthalten sind, sondern noch mehr, dass die Menge dieser letzteren unvergleichlich viel bedeutender ist, als diejenige der wirklichen Umsetzungsprodukte erster oder zweiter Ordnung. Aus diesen Erfahrungen erwächst uns also die Ueberzeugung, dass aus dem Blute viel mehr austritt, als nothwendig wäre zum einfachen Ersatz der Zerstörungen, welche durch das Leben in den festen und flüssigen Organbestandtheilen angebracht sind, und dass demnach der grösste Theil der ausgeschiedenen Stoffe auch wieder unverändert in das Blut zurückkehrt. So besteht also ein innerer

Kreislauf der ernährenden Flüssigkeiten, welchen Bidder und Schmidt im Gegensatz zu Stoffbewegungen aus den Speisen in das Blut und aus diesem in die sogenannten letzten Wege (Lunge, Niere, Haut) als intermediären Kreislauf bezeichnet haben.

Die erste Bedingung zur Einleitung dieses inneren Kreislaufes ist also die reichliche Absonderung aus dem Blute in die Gewebe und die Körperhöhlen. Diese letztere würde ein unbegreifliches Faktum sein, wenn die Blutflüssigkeit in den Geweben nur durch die Anziehung dieser letzteren befördert würde; da wir aber in dem vorstehenden Abschnitte kaum Spuren einer solchen Beziehung aufgefunden, da wir im Gegentheil bemerkt haben, dass andere allgemeiner wirkende Ursachen die Säftebewegung aus dem Blute unterhalten, so kann uns in der That die Erscheinung nichts Befremdendes bieten, so lange sich die Betrachtung nur an die groben Umrisse hält. Das Blut, welches in den Gefässen enthalten ist, strebt, wie wir wissen, durch die porösen Wandungen hindurch seinen Druck und seine chemische Zusammensetzung auszugleichen mit den ausserhalb der Gefässe liegenden Flüssigkeiten. Mehrt sich also z. B. noch der Gefässinhalt, so wird die mittlere Spannung in denselben wachsen, und sogleich wird ein Theil desselben in die Gewebe, durch Filtrationsdruck getrieben, austreten. Derselbe Erfolg wird zum Vorschein kommen, wenn sich mit der Verdauung, mit der vermehrten Ausscheidung durch Niere, Lunge und Haut, die Zusammensetzung des Blutes ändert, oder auch, wenn die chemische Anordnung der Gewebsflüssigkeiten nach gesteigertem Umsatz derselben eine Aenderung erfährt. Denn dann werden die Diffusionsströme lebhafter von statten gehen. Dazu kommen nun aber noch Absonderungen in Folge gesteigerter Nervenerregung, welche u. A. nachweislich in Drüsen bestehen, die ihre Säfte in zeitweise geschlossene Höhlen ergiessen. Diese Einrichtungen müssen nun bei den vorliegenden Veränderungen in den Zuständen ebensowohl der Flüssigkeiten diesseits und jenseits der Gefässwand, als auch in denen dieser letzteren selbst, einen reichlichen Flüssigkeitserguss veranlassen.

Unsere nächste Aufgabe stellt sich nun dahin, nachzusehen, auf welchen Wegen und durch welche Mittel die ergossenen Massen wieder in das Blut zurückkehren. Die Erfahrung lehrt, dass dieses auf zweierlei Weise geschehe, einmal durch Diffusion (und Filtration?) in die Blutgefässe selbst und dann durch Aufnahme in die Lymphgefässe.

Aufsaugung von den Blutgefässen.

1. Die Erfahrungen, die wir über die Eigenschaften des Bluts, der Gewebesäfte und der Gefässhaut besitzen, nöthigen uns zu der Annahme, dass durch die letzteren hindurch ein ununterbrochener Diffusionsstrom stattfinde, denn die beiden wässrigen Lösungen, das Blut und der Gewebesaftes sind von verschiedener chemischer Zusammensetzung und eine Ausgleichung dieses Unterschiedes ist nicht möglich, weil einerseits das Blut sich fortlaufend in den Nieren reinigt, aus den Speisen erneuert und alle Gewebe im raschen, keine Zeit zur Ausgleichung gönnenden Strom durchsetzt, und anderseits weil in den Gewebesäften fortwährend neue Stoffe entstehen, die dem Blut nur spärlich oder gar nicht eigen sind; endlich aber sind die Gefässhäute durchgängig für Wasser und für die in dem Blute und den Gewebesäften aufgelösten festen Bestandtheile.

Der physiologische Versuch hat das, was die Theorie voraussagte, insofern bestätigt, als er darthut, dass viele flüssige Stoffe in der Richtung vom Gewebe zum Blut durch die Wand der grössern und kleinern Gefässe diffundiren, welche sich in der cutis, dem Bindegewebe u. s. w. verbreiten.

Die Versuche*) von Prochaska, Magendie, Mayer, Westrumb, Segalas, Emmert, Gmelin und Tiedemann u. A., welche sich das oben bezeichnete Ziel steckten, mussten nachweisen, dass die aufgesaugten Stoffe wirklich in das Blut gelangt waren, und dass sie ihren Weg dorthin auch durch die Gefässwandung genommen hatten. Man liess darum Stoffe resorbiren, welche, wie z. B. Blutlaugensalz und Farbstoffe leicht als solche nachweisbar waren, oder Gifte, die ihre Anwesenheit im Blute durch physiologische Reaktionen sichtbar machten. — Die Gewissheit, dass die Aufnahme nur durch die Gefässe hindurch geschehen sei, verschaffte man sich auf verschiedene Art. Entweder man legte ein längeres Stück eines grösseren Gefässes vollkommen frei, setzte in das obere und untere durchschnittene Ende desselben ein Rohr, so dass das isolirte Gefässstück mit dem übrigen Gefässsysteme nur in Verbindung stand durch diese Röhren, und brachte nun unter dasselbe eine isolirende Metall- oder Papierrinne, in welche man die aufzusaugende Lösung einfüllte (Magendie). Oder man stellte zuerst fest, ob von einer bestimmten Körperstelle aus, z. B. von der Darmoberfläche, der Haut u. s. w. die Aufsauguug eines bestimmten Stoffes geschah. Darauf wiederholte man den Versuch nach Unterbindung aller zuführenden Blutgefässe (Segalas) oder aller abführenden Lymphgefässe (Magendie), oder nach Unterbindung des ductus thoracicus, oder nach Durchschneidung aller Verbindungen eines Gliedes mit mit dem Körper, die grossen Arterien und Venen ausgenommen (Magendie, Kürschner). — Drittens untersuchte man, einige Zeit nach Beginn der Resorption den Inhalt der Blut- und Lymphgefässe; wurde der zur Resorption bestimmte Stoff in den erstern aufgefunden und in den letztern vermisst, so durfte man den unmittelbaren Uebergang in das Blut annehmen (Flandrin, Tiedemann und Gmelin). — Vier-

*) Die ältere Literatur giebt Heusinger. Noten zu Magendie's Physiologie. Eisenach 1836. II. 242.

tens endlich bestimme man die Zeit, welche verfloss, bis ein aufgelegtes Gift tödtlich wirkte, oder im Harn erschien. War der Zeitraum sehr kurz, so schloss man auf direkte Ueberführung in das Blut, da der Lymphstrom sich nursehr langsam weiter bewegt.

Wichtiger als der einfache Nachweis der Aufsaugung durch die Blutgefässe würde ein Aufsuchen der Bedingungen sein, welche jenen Vorgang beschleunigen oder verlangsamen, und die Angaben der im Leben vorkommenden Umstände, durch welche die Aufsaugung befördert wird.

2. Methodisch angestellte Versuche, die auf die erste der hingestellten Aufgaben zielen, giebt es noch nicht, was sich zur Genüge erklärt, wenn man die ungemessenen Schwierigkeiten bedenkt, welche die Untersuchung dieses besonderen Falls von Endosmose mit sich bringt. Wohl aber sind einige Thatsachen bekannt, die für die Methodik sowohl, wie für die lebendige Aufsaugung wichtig sind*).

a. Viele Stoffe bringen, während sie aufgesaugt werden, im Blutstrom örtliche Veränderungen hervor. Dieses thun zuerst alle diejenigen, welche das Eiweiss, das in der Wand und in dem Lumen der Gefässe enthalten ist, niederschlagen z. B. $FeCl$, SO_3, NO_5 u. s. w.; die entstandenen Gerinnsel können die Lichtung der Gefässe vollkommen verschliessen; dann hört der Blutstrom und die Resorption an den mit jenen Stoffen durchtränkten Orten auf. — Eine andere Zahl chemischer Verbindungen, die sogenannten reizenden und tonischen Arzneien, ändern den Elastizitätscoëffizienten und die Muskeln der Gefässwand. Je nachdem sie die letzteren zur Zusammenziehung oder Erschlaffung bringen oder den Elastizitätscoëffizienten erhöhen oder erniedrigen, wird sich das von ihnen durchtränkte Gefässrohr ausweiten oder zusammenziehen. Damit wird sich aber auch die aufsaugende Fläche entsprechend ändern. — Eine dritte Reihe von Körpern, wie z. B. $NaCl$, Harnstoff, Zucker u. s. w. bewirken weder Fällungen des Eiweisses noch merkliche Aenderungen in dem Gefässdurchmesser und dennoch erzeugen sie eine vollkommene Stockung des Blutlaufs, veranlasst durch eine bedeutende Anhäufung der Blutscheiben in den Capillaren, mit welchen sie in Berührung waren (H. Weber, Virchow, Schuler, Gunning). Für diese auffallende Erscheinung hat Botkin eine sinnreiche Erklärung gegeben: die in das Blut eingedrungenen Lösungen ändern

*) H. Weber, Müllers Archiv 1852, 361. — Boner, die Stase; Würzburger Dissertation 1856. — Gunning, Archiv für holl. Beiträge 1. 305. — Kaupp Archiv für physiol. Heilkunde 1855. 145. — Köhler, Virchow's Archiv 14. Bd. 401. — Botkin. ibid. 15 Bd. 173.

dort die Form, Glätte und Elastizität der Blutscheiben, sodass dieselben nicht mehr durch die Capillaren schlüpfen können, sondern theils an vorspringenden Wandstücken und theils aneinander hängen bleiben. Für diese Annahme spricht ausser der schon angeführten Häufung der Blutscheiben die Erfahrung, dass nur die indifferenten chemischen Verbindungen das Blut stauen, welche nachweislich die Gestalt der Blutkörperchen ändern, während andere, wie Borax, phosphorsaures Natron, Alaun weder eine Stockung des Stroms, noch eine merkliche Gestaltsänderung der Blutscheiben erzeugen; ferner, dass ein paar Tröpfchen Wasser, die auf das Gefäss mit der stockenden Blutsäule gebracht werden, den Strom wieder einzuleiten vermögen, offenbar darum, weil sie das formverändernde Salz auswaschen.

b. Kaupp und Vierordt legten das Bindegewebe unter der Rückenhaut bei verschiedenen Kaninchen in möglichst gleicher Ausdehnung bloss und brachten in die Wunde immer gleiche Mengen einer verdünnten, langsam wirkenden Strychninlösung; sie sahen, dass der Tetanus um so früher eintrat, je geringer das Gewicht der vergifteten Thiere war. Darauf unternahmen sie eine zweite Versuchsreihe und zwar mit Thieren, denen sie Blut abgelassen hatten. Sie sahen nun, dass der Tetanus sowohl wie der Tod später eintrat, als es der vorhergehenden Versuchsreihe gemäss bei einem Thier gleichen Gewichts hätte erwartet werden können; das Gift äusserte seine Wirkungen um so später, je ergiebiger der Aderlass gewesen war. Obwohl die Zeit, welche zwischen der Ankunft des Gifts und dem Eintritt des Tetanus, beziehungsweise des Todes, verstreicht, der Aufsaugungsgeschwindigkeit nicht proportional sein kann (Kaupp), so macht es diese Versuchsreihe doch sehr wahrscheinlich, dass die blutärmeren Gefässe langsamer aufsaugen als die blutreicheren.

Magendie brachte ein tödtendes Gift in den Pleurasack und bestimmte den Zeitpunkt der Vergiftung an verschiedenen Thieren, denen er entweder nur Blut entzogen, oder denen er statt des entzogenen Blutes eine gleich grosse Menge von Wasser in die Gefässe gespritzt, oder denen er ohne vorgängige Blutentziehung viel Wasser infundirt hatte. Im ersten Fall trat die Vergiftung früher, im letzteren später ein, als bei den Thieren, deren Gefässinhalt zwar an Qualität, nicht aber an Menge verändert war.

Vorausgesetzt, dass die Versuche von Magendie so sorgfältig angestellt waren, wie die von Kaupp, bietet sich folgender Ausweg zur Hebung des Widerspruchs

beider Beobachtungsreihen. Jede Aenderung der Gefässräumlichkeit verändert zunächst die Wandspannung und damit einerseits die Berührungsfläche zwischen Blut- und Giftlösung, und anderseits die Grösse des Druckunterschiedes zwischen der Umgebung und dem Inhalt des Blutgefässes. Eine Mehrung der ersteren muss selbstverständlich die Aufsaugungsgeschwindigkeit erhöhen; ein Steigen des Druckübergewichts von seiten des Gefässinhaltes gegen die Giftlösung soll, wie man freilich ohne vollen Beweis annimmt, die Aufsaugungsgeschwindigkeit mindern. Danach würde man zu sagen haben, dass in den Versuchen von Kaupp der verzögernde Einfluss der verminderten Berührungsfläche über der beschleunigenden des erniedrigten Druckunterschiedes das Uebergewicht gewonnen habe, während bei Magendie das Gegentheil eingetroffen.

c. Köhler und Nasse hatten einerseits mit wohlgefütterten und anderseits mit Thieren, die seit 42 Stunden hungerten, genau dieselbe Versuchsreihe angestellt, welche Kaupp und Vierordt mit verschieden blutreichen Kaninchen ausführten. Die hungernden Thiere verfielen in Mittel 48 Sec. früher in Tetanus und starben aber in Mittel 13 Minuten später als die gefütterten.

Barry hat gezeigt, dass ein aufsaugbares Gift, das man unter einem wirksamen Schröpfkopfe auf die Haut bringt, nicht aufgenommen wird. Dieser Versuch sollte den Beweis liefern, dass ein grosses Uebergewicht des Blutdruckes über den atmosphärischen die Aufsaugung hemmen könne. Diese Erklärung ist mit bekannten endosmotischen Erfahrungen im Widerspruch; er lässt zudem andere Erklärungen, wie z. B. die aus der Hemmung des Blutstroms durch den Rand des Schröpfglases zu.

3. Ueber die Stoffe, welche sich an der regelrechten, gesunden Aufsaugung betheiligen und über dem Umfang, der dieser letzteren im Wechsel des Lebens zukommt, besitzen wir grösstentheils nur Vermuthungen.

Dem Bilde entsprechend, welches wir uns heute von der chemischen Zusammensetzung der Gewebesäfte und den endosmotischen Kräften des Bluts machen, pflegen wir anzunehmen, dass die Eiweissstoffe und Fette von der Aufsaugung durch die Blutgefässe ausgeschlossen sind, während die Abkömmlinge dieser verwickelten Atomgruppen (S. 217) aufgenommen werden. Die Fette schliesst man aus, weil sie in Wasser überhaupt nicht diffundiren und das Eiweiss, weil das Blut gemeiniglich viel reicher daran ist, als die Gewebesäfte; so weit wir wissen, gilt dieses jedoch nur für das Albumin, so dass gegen die Aufnahme von anderen Modificationen der Eiweissstoffe nichts einzuwenden wäre.

Die Abkömmlinge der Eiweissstoffe, deren Bildungsstätte in dem Gewebe liegt, gehen nun wohl geradezu in das Blut über, aber sie nehmen nicht allein diesen Weg, sie strömen nachweislich auch in die Lymphe über. Demnach würde um so mehr davon unmittelbar in das Blut diffundiren, je ergiebiger sich jene Produkte bilden und

je weniger von ihnen der Lymphstrom wegführt. Ein weiteres Ausspinnen dieses Satzes dürfte hier nicht am Platze sein.

Aufsaugung durch die Lymphgefässe.

1. Anatomischer Bau der aufsaugenden Gefässe*). An ihnen pflegt man drei durch ihren Bau gekennzeichnete Abtheilungen, die Wurzeln, die Drüsen und die Leitungsröhren zu unterscheiden.

Die Lymphwurzeln, durch deren Zusammenfluss die ableitenden Lymphwege (die sogenannten Lymphgefässe) entstehen, sind vorzugsweise im Innern der dichtern Gewebe (Häute, Drüsen, Muskeln u.s.w.) gelegen, also da, wo sich auch vorzugsweise die Blutgefässe capillar vertheilen. Genauere Angaben über ihren Bau besitzen wir nur aus der Darmschleimhaut. — Nach Brücke, dessen Beschreibung Cn. Koopmanns bestätigt, besteht die Grundmasse, das sogenannte Stroma der Darmschleimhaut aus einzelnen, durch Zwischenräume getrennten Stückchen. Diese Zwischenräume stellen die Lymphwurzeln dar. Trägt die Schleimhaut Zotten, so liegen im Innern einer jeden derselben ein oder mehrere Höhlen, die centralen Hohlräume, deren Contouren im Allgemeinen mit der Zottenoberfläche gleichläufig sind. Mit diesem Binnenkanal hängen nun die schon erwähnten Lücken zusammen, welche zwischen den Bestandtheilen des Stroma's der Schleimhaut gelegen sind; die letzteren erstrecken sich also vielfach verzweigt vom Centralkanal aus bis zur Zottenoberfläche unmittelbar unter das Epithelium. — Um die Crypten, welche zwischen den Zotten gelegen sind, findet sich in der Schleimhaut ein ähnliches Lückenwerk, welches mit dem aus den Zotten kommenden in Verbindung steht, das sich aber scharf gegen die Eigenhaut der Crypte absetzt. Aus diesen noch mit keiner selbstständigen Wand versehenen netzförmig verzweigten Höhlungen gehen klappenlose Aeste hervor, welche die Längs- und Quermuskelschicht der Schleimhaut durchbohren, und im Unterschleimhautgewebe ein dendritisch verzweigtes, keineswegs mit sehr

*) Henle, allgemeine Anatomie 1841. 542. — Derselbe in seiner und Pfeufer's Zeitschr. 3. Reihe. — Kölliker, Handbuch der Gewebelehre. 3. Auflage. 579. — Noll, Henle's u. Pfeufer's Zeitschrift. IX. Bd. 52. — E. Brücke, Wiener akademische Denkschriften. II. und VI. Bd. — Derselbe, Sitzungsberichte der Wiener Akademie. IX. Bd. 900. u. X. Bd. 27. — C. Bruch, Zeitschrift für wissenschaftl. Zoologie. IV. Bd. 282. — Donders, Henle's u. Pfeufer's Zeitschrift. N. F. IV. Bd. p. 232. u. f. — Derselbe, Physiologie des Menschen. 2. Aufl. 342. — Meissner, Jahresbericht für 1856. p. 185. — Heidenhain, Moleschott Untersuchungen. IV. Bd. u. Symbolae ad anatomiam glandular. Peyeri. Breslau 1859. — Hyrtl, östr. Zeitschrift für prakt. Heilkunde 1860. p. 293. u. 338. — His, Zeitschrift für wiss. Zoologie. X. Bd. 334. — Billroth, Beiträge zur patholog. Histologie. 1858. 145.

häufigen Anastomosen versehenes Gefässnetz darstellen. An diesem Ort verlaufen die Lymphgefässhöhlen in den Bindegewebszügen, welche das submucöse Gewebe darstellen; die erste Andeutung einer selbstständigen den Lymphgefässen eignen Haut ist durch ein Epithelium gegeben, welches die Lymphhöhle gegen das Bindegewebe abgrenzt; dann kommt es zur Bildung von Klappen, deren Anwesenheit schon auf eine selbstständige strukturlose Wand schliessen lässt. Nachdem die Gefässe auch die Muskelhaut des Darms durchbrochen haben, tragen sie alle Eigenthümlichkeiten der Lymphgefässe im engern Wortsinn.

Heidenhain, dessen Erfahrungen den oben vorgeführten nicht entgegen sind, glaubt annehmen zu dürfen, dass sich in dem Zottengewebe und namentlich in dem, welches sich zwischen der centralen Höhle und der Zottenoberfläche erstreckt, ein Röhrennetz ausbreitet, das durch die hohlen anastomosirenden Aeste sternförmiger Zellen gebildet werde. Ausstrahlungen aus diesem Netz münden nach aussen in hohle Fortsätze der Epithelialcylinder, nach innen wahrscheinlich in die centrale Höhle. Selbstständige Häute hat er nicht dargestellt, und zudem widersprechen sich die Befunde der auf verschiedene Weise hergestellten Präparate. Man kann aus seinen Zeichnungen jedoch schliessen, dass das Zottengewebe aus Stoffen bestehe, die in Chromsäure und Holzessig ungleichmässig quellen und schrumpfen, sodass die Reagentien zur Verdeutlichung vorhandener oder zur Entstehung neuer Höhlen Veranlassung geben.

Meissner und Donders schliessen aus der scharfen Abgrenzung, welche die centrale Zottenhöhle gegen ihre Umgebung darbietet, auf Anwesenheit einer strukturlosen Haut, welche den Hohlraum der Zotte umgrenzt.

Die Zotten des Vogeldarms enthalten in ihrem centralen Raume ein oder mehre Reihen paralleler, vom Zottengrund gegen die Zottenspitze aufsteigender Gefässe. Nahe an der freien Oberfläche der Zotte biegen die zu einem Bündel gehörigen Gefässe ineinander um, und auch auf ihrem Wege durch die Zotte anastomosiren sie. Aus einem jeden dieser Bündel, die also aus der Centralhöhle der Zotte hervorkommen, dringt ein Gefäss in das Unterschleimhautgewebe und von dort durch die Muskelhaut des Darms, wo dasselbe die ersten Klappen empfängt. Hyrtl, der diese auf Injektionen gestützte Angabe macht, theilt den Gefässen überall eine eigne Haut zu, sodass also die in der Zottenhöhle gelegenen Lymphräume scharf abgegrenzt sind gegen ein etwa vorhandenes Lückenwerk im jen-

seitigen Schleimhautgewebe. Dieser Behauptung würde man beipflichten müssen, wenn sich erweisen liess, dass die peripherischen Oeffnungen, welche im Zottenraum vorausgesetzt werden, sich ebenso leicht öffnen gegen einen Druck, der von innen nach aussen wirkt, wie gegen einen solchen von entgegengesetzter Richtung. Ohne dies können Injektionspräparate für die Controversen nichts entscheiden.

An andern nicht zum Darm gehörigen Oertlichkeiten ist von den Lymphwurzeln Folgendes bekannt. Werden die Lymphgefässe von den Organen her (der Haut, den Drüsen u. s. w.) injizirt, so sieht man das, was man seinem Bau nach für ein unzweifelhaftes Lymphgefäss ansehen muss, aus einem sehr reichlichen von relativ weiten Rohren gebildeten Netz hervorkommen. Die Zweige jenes Netzes sind scharf begrenzt und daraus vermuthet man, dass sie schon mit selbstständigen Wänden begabt sind; Klappen sind in den Netzen noch nicht beschrieben worden; wären keine vorhanden, so würden jene Präparate mit hoher Wahrscheinlichkeit die letzten Enden der Lymphwurzeln darstellen (Haase, Lauth, Fohmann, Hyrtl).

Um sich ein Urtheil über den Bau der Lymphwurzeln zu verschaffen, sind mehre Methoden angewendet. 1. Von der Darmschleimhaut wählt man solche Stücke zur mikroskopischen Untersuchung aus, die sich während des Lebens mit feinen Fetttröpfchen gefüllt haben, vermöge einer von der Darmhöhle aus stattfindenden Resorption. Solche Stücke kann man durch einen von Brücke angegebenen Kunstgriff durchsichtig machen. Insofern sie eine natürliche Injektion, und zwar eine solche, die von der Peripherie her unternommen wurden, darstellen, und insofern die gewonnenen Präparate im frischen Zustande mit jeder möglichen Vergrösserung untersucht werden können, geben sie auch den vollkommensten Aufschluss. — Mit der Lymphinjektion hat man häufig verwechselt eine solche der Blutgefässcapillaren, welche, wie diess öfter vorkommt, mit kleinen kugeligen, dem erstarrten Fett ähnlich sehenden Körperchen (Leucinkugeln?) gefüllt sind. Man darf also nur solche Gefässe für Lymphwurzeln halten, welche sich in ein deutliches klappentragendes Lymphgefäss fortsetzen. — 2. Feine Durchschnitte der frischen und der mit Chromsäure oder Holzessig behandelten mit resobirtem Fett gefüllten Darmschleimhaut hat Heidenhain benutzt, um aus der sichtbaren Anordnung der Elementartheile auf die Lymphwurzeln zu schliessen. — 3. In die grössern einer Injektionswunde zugänglichen Lymphgefässe spritzt man Quecksilber (Haase, Lauth) oder künstlich erhärtbare Massen (Hyrtl) ein, und zwar in der Richtung von dem Stamme zu den Wurzeln; den Widerstand der Klappen überwindet man durch einen örtlichen Druck auf die schon angefüllten Lymphstücke. — 4. In die gerissenen Maschen des Bindegewebes hat man Quecksilber (Fohmann) oder gerinnende Massen (Hyrtl) eingespritzt; die in jene künstlich gebildeten Höhlen mündenden Lymphgefässe werden durch die dahin gespritzte Masse angefüllt. — Andere indirekte Beweismittel werden im Verlauf der Darstellung noch zur Sprache kommen.

Ueber die Stellung der Blutcapillaren zu den Lymphwurzeln ist vom Darm her bekannt, dass die erstern unmittelbar an das von Brücke beschriebene Lückensystem grenzen. Billroth giebt nach einem allerdings zweifelhaftem Bild ein ähnliches Verhalten für die Lymphgefässe des menschlichen Präputiums an, wie es Brücke auch im Unterhautschleimgewebe des Kaninchens beobachtete; hier werden nämlich die blutführenden Gefässe von den lymphatischen scheidenartig umgeben.

Die Lymphdrüsen scheidet man in einfache und zusammengesetzte. Die einfachen Lymphdrüsen (zerstreute Follikel, solitäre Bälge) sind stecknadelkopfgrosse, kugel-, spindel-, linsenförmige u. s. w. Körnchen, die aus einem Gerüst, Zellenhäufchen und Blutgefässen bestehen; das Gerüst ist aus Bindegewebe und zuweilen aus Muskelzellen dargestellt; an der Peripherie des solitären Korns bildet das Bindegewebe eine mehr weniger dichtmaschige Kapsel, von welcher durch den von ihr umschlossenen Hohlraum nach allen Richtungen hin Fasern ausstrahlen, die die letztern in kleine mikroskopische Abtheilungen bringen, welche in vielfacher Verbindung untereinander stehen. In die Lücken dieses Fasernetzes sind die Lymphkörperchen gelagert und auf den Bälkchen selbst verzweigt sich ein Netz capillarer Blutgefässe. — Wenn mehrere solcher einfachen Bälge von einer gemeinsamen Bindegewebshülle, die dann meist auch Muskelzellen enthält, umfasst werden, so entsteht eine zusammengesetzte Lymphdrüse. In einer solchen zusammengesetzten Drüse sind jedoch die einzelnen Follikel nicht scharf von einander getrennt, ihre Hohlräume stehen vielmehr in offener Verbindung, weil die von der gemeinschaftlichen Hülle ausgehenden, die einzelnen Follikel trennenden Scheidewände selbst nur aus netzförmigem Bindegewebe und zuweilen auch aus Muskelzellen bestehen.

Das Verhalten der beschriebenen Drüsen zu den Lymphgefässen ist nur bei den zusammengesetzten klar. Gelangt ein Lymphstamm in die Nähe einer solchen Drüse, so spaltet er sich mehrfach in feine, aber noch mit unbewaffnetem Auge sichtbare Aeste, welche die Capsel durchbrechen, sodass je einer in die Höhle eines oberflächlich liegenden Korns einmündet. Führt die durch die lebende Drüse strömende Lymphe viel Fett, oder einen ihr beigebrachten feinkörnigen Farbstoff, so sieht man, vorausgesetzt, dass kein besonderes Stromhemmniss besteht, die Flüssigkeit am Umfang je eines Follikels sich herbewegen, während der in der Mitte des-

selben gelegene Zellenhaufen farbstofffrei und durchsichtig bleibt; auch geht die Flüssigkeit schon eher in die abführenden Lymphgefässe über, bevor sie sich merklich über den Theil der Drüse verbreitet hat, welche aus andern Lymphstämmchen versorgt wird. Setzt man dem Strom ein Hemmniss entgegen, z. B. durch Verschluss des ausführenden Gefässes, so verbreitet sich jetzt die gefärbte Flüssigkeit weithin durch die angrenzenden Follikel und geht zugleich zwischen die Zellenhaufen. Aber in allen Fällen bewegt sie sich gegen den ausführenden Stamm, niemals aber in die einführenden Gefässe der angrenzenden Follikel, selbst wenn diese leer sind, und zwar darum nicht, weil hier immer Klappen vorhanden sind. Die ausführenden Gefässe aber treten aus der Seite der Drüse hervor, welche den Einmündungsorten der einführenden Gefässe entgegengesetzt ist; die Vasa efferentia bilden unmittelbar an ihrem Ursprung ein vielfach zusammenhängendes Geflecht, aus welchem sich endlich wieder ein Gefässstamm hervorbildet.

Als man sich überzeugt hatte, dass die einzelnen oder gehäuft stehenden Drüsenbälge, welche in der Milz, Thymus, Mund-, Rachen-, Magen-, Darmschleimhaut vorkommen, ihrem Bau nach mit den einzelnen Körnern der zusammengesetzten Lymphdrüsen übereinstimmten, war man geneigt, auch sie für Einlagerungen in die Lymphgefässe zu halten. Diese Unterstellung schien bestätigt zu werden durch die Erfahrung, dass in den Follikeln der Peyerschen Drüsen während der Verdauung Chylus gefunden wurde (d. h. eine dem Inhalt der Lymphgefässe in der Schleimhaut des verdauenden Darmes ähnliche Flüssigkeit) und ferner, dass eine in die Darmfollikel eingespritzte Masse sehr leicht einen Weg in die Lymphgefässe findet (Brücke). Weil man aber meist gar kein zuführendes Gefäss auffinden konnte, so erschien es auch nicht unmöglich, dass ein solcher Follikel den Anfang eines Lymphgefässes darstellen könnte (Donders). Diese Thatsachen genügen jedoch nicht, um die Annahme als eine vollkommen gesicherte zu betrachten, welche behauptet, dass die Follikel überall und namentlich auch ausserhalb des Darmes erweiterte mit Zellen gefüllte Lymphgefässe darstellen.

Die Lymphgefässe, welche als Leitungsröhren aus den Wurzeln hervorgehen, besitzen eine strukturlose elastische Wand, die auf ihrer innern Fläche mit einer Schicht von Deckzellen, auf ihrer äussern aber mit Faserzellen belegt ist; an diese schliesst sich streifiges Bindegewebe an. Die Faserzellen müssen unzweifelhaft zum

Muskelgewebe gerechnet werden, da es gelingt, durch elektrische Schläge den Durchmesser der mit ihnen behafteten Lymphgefässe zu verkleinern. Die Dicke der Wand ist im Verhältniss zur Weite des Lumens zwar immer gering; sie nimmt jedoch mit dem steigenden Durchmesser dieses letzteren zu. Die in die Gefässhöhlen ragenden Klappen sind aus elastischem Bindegewebe gebaut, dessen freie Oberfläche mit Deckzellen belegt ist. — Die Anordnung der Höhlung in den Lymphstämmen kann als bekannt vorausgesetzt werden. Im Allgemeinen scheint die Gesammtsumme der lumina von den Wurzeln gegen die Stämme beträchtlich abzunehmen. Wegen der grossen Dehnbarkeit der Wandung kann der Durchmesser desselben Gefässes sehr veränderlich sein.

Aus verschiedenen Organen und Geweben gehen sehr ungleiche Mengen von Lymphgefässen hervor. Vorzugsweise reichlich gehen sie aus Bindegewebsräumen oder saftreichen Drüsen hervor (Leber, Milz, Leder- und Schleimhaut), sparsamer scheinen sie aus den Muskeln zu kommen.

2. Lymphe*). Da sich in den ductus thoracicus auch der aus der Auflösung der Speisen resultirende Saft ergiesst, so bleibt einstweilen die Betrachtung seines Inhaltes ausgeschlossen; die folgenden Bemerkungen beziehen sich also nur auf die Flüssigkeit; welche in den Gefässen des Kopfes, Halses und der Extremitäten eingeschlossen ist.

Die Lymphe ist ein Gemenge aufgeschwemmter und flüssiger Stoffe; je nach dem Verhältniss dieser Bestandtheile ist sie milchig, trüb oder wasserhell.

Die aufgeschwemmten Theilchen sind Molekularkörnchen, Kerne, grössere oder kleinere kernhaltige Zellen (weisse Blut- und Lymphkörperchen) und gefärbte Blutkörperchen, welche nach Gubler und Quevenne in der menschlichen Lymphe kleiner als die des Blutes sind; beim Hunde fehlen in der Halslymphe zuweilen die gefärbten Scheiben ganz (Krause). Die Haut, die diesen Gebilden und namentlich den zuerst erwähnten zukommt, besteht aus einer in Essigsäure löslichen Eiweissart; ihr Inhalt ist, theilweise wenigstens, namentlich in den Molekularkörnchen, ein fetthaltiger. —

*) H. Nasse, Handwörterbuch der Physiologie. II. 363. — Herbst, Das Lymphgefässsystem und seine Verrichtung. — Gubler und Quevenne, Gazette méd. 1854. 17. Juin et sq. — W. Krause, Henle's und Pfeufer's Zeitschrift. N. F. — Poiseuille und Lefort, Compt. rend. 46 Bd. 677. — Würtz, ibidem. 49 Bd. 453. — Frerichs und Staedeler, Müller's Archiv 1856. — Colin, Traité de physiologie compar. 1856. II. Bd. — Scherer, Dessen Jahresbericht über physiol. Chemie für 1857.

Die Flüssigkeit hat behufs der chemischen Analyse noch nicht von den aufgeschwemmten Theilen geschieden werden können. Ihre Zusammensetzung kann darum nur erschlossen werden aus der Untersuchung der Gesammtlymphe. Diese enthält: a. meistentheils, jedoch nicht immer Faserstoff und zwar in aufgelöster Form; nach der Entleernng der Lymphe gerinnt derselbe und giebt, indem er die aufgeschwemmten Bestandtheile einschliesst, Veranlassung zur Entstehung eines sehr lockeren, wenig zusammenhängenden Kuchens. Der Faserstoff der Lymphe und der des venösen Blutes stimmen in ihren Eigenschaften überein (Lehmann). Die Zeit, in welcher die Lymphe nach der Entleerung gerinnt, ist verschieden von wenigen Minuten bis zu mehreren Stunden; in seltenen Fällen erfolgt auch innerhalb derselben Lymphe die Gerinnung in mehreren weit von einander entfernt liegenden Zeitpunkten. — Die Bedingungen, unter denen der Faserstoff fehlt, liegen weder in der Blutbeschaffenheit des lymphgebenden Thieres, noch auch in der Geschwindigkeit, mit der dieser Saft gebildet wird. Allerdings enthält häufiger die reichlich ausfliessende Lymphe ein geringes oder auch gar kein Gerinnsel, zuweilen aber ist auch die sparsam abgesonderte faserstofffrei (Colin, C. Ludwig). Die aus demselben Gefäss ausströmende Flüssigkeit ist wechselnd (von Stunde zu Stunde) bald faserstofffrei und bald faserstoffhaltig; ebenso ist zuweilen von zwei Portionen, die gleichzeitig aus den beiderseitigen Halsstämmen mit ungefähr gleicher Geschwindigkeit hervorkommen, die eine schwach oder gar nicht, die andere stark geronnen (Thomsa, C. Ludwig). — b. Albuminnatron, welches nach Neutralisation der alkal. Lymphe in geringer Menge ausfällt. — c. Albumin, welches bei Kochen der vorgängig neutralisirten Lymphe herausfällt. — d. Fette, und zwar ölige, feste, krystallisirbare und verseifte. — e. Traubenzucker; von Gubler und Quevenne zuerst nachgewiesen. In der aus dem Halsstamm des Hundes ergossenen Flüssigkeit ist er ein nie fehlender Bestandtheil, selbst wenn er im Blute nicht nachgewiesen werden kann (Krause, Poiseuille, Lefort).

Ueber die Menge des Lymphzuckers, und sein Verhältniss zum Zucker des Bluts und des Chylus geben Poiseuille und Lefort folgende Zusammenstellung für 100 Theile. Die Zahlen bedeuten Zucker in Grammen:

	arterielles Blut.	Inhalt des duct. thoracicus	Halslymphe.
Hund zu Ende der Verdauung.	Spuren	0,109	0,166
Pferd } Während der Verdauung.	0,069	0,222	0,442
Kuh	0,055	0,068	0,098
		Mesenterial-lymphe.	
Kuh	0,014	0,186	—
Stier	0,073	0,123	0,266

f. Harnstoff fand Würtz beständig in der Lymphe.

Die folgende Tabelle giebt den prozentischen Harnstoffgehalt an.

	Fütterung.	Blut.	Chylus.	Lymphe.
Hund	Fleisch	0,009	—	0,016
Derselbe	—	—	0,018	—
Kuh	Trockner Klee	0,019	0,019	0,019
Stier	Klee. Rapskuchen	—	0,019	0,021
Widder	gewöhnliches Futter	0,025	0,028	—
Pferd	„ „ nach zwei Versuchen			0,012

— g. Aus den Lymphdrüsen gewann Staedeler und Frerichs Leucin, aber kein Tyrosin, nach dem sie suchten. Vielleicht enthält also auch die Lymphe den ersteren Körper. — h. Extrakte von unbekannter Zusammensetzung. Die in ältern Beobachtungen aufgeführten dürften wesentlich aus Albuminnatron bestanden haben (Geiger). — i. Unorganische Bestandtheile, und zwar Ammoniaksalze, Chlornatrium und Chlorkalium, phosphorsaure, schwefelsaure, kohlensaure Alkalien, diese jedoch nicht immer (Scherer), Eisenoxyd und Wasser.

Die Variationen der Zusammensetzung nach Zeit und Ort sind noch wenig bekannt. Die Molekularkörnchen sollen vorzugsweise in den Lymphgefässen vor ihrem Eintritt in die Drüsen bei fetten Individuen oder auch einige Zeit nach einer reichlichen Mahlzeit vorkommen; ich habe sie nie beobachtet. — Die Lymphkörperchen treten in den Gefässen jenseits der Drüsen viel reichlicher auf als diesseits derselben; demnach ist jedenfalls die grösste Menge derselben aus den Drüsen abzuleiten (Brücke). Die sparsamen Körperchen, die man in der Lymphe vor dem Durchgang durch die grössern Drüsen findet (Kölliker), könnte man ableiten aus den häufig vorkommenden zerstreuten Follikeln, vorausgesetzt, dass ihre

Verbindung mit den Lymphgefässen erwiesen wäre. Da aber auch in der Gefässwand Zellenbildung stattfinden kann, so wären auch noch andere Quellen derselben möglich. Blutkörperchen, die immer sparsam vorhanden sind, trifft man in der Milz- und Halslymphe an (Nasse, Herbst), und zwar vorzugsweise, wenn ein Theil der Drüsen, aus denen der Halsstamm hervorgeht, durchweg roth gefärbt ist. In diesen Fällen liegt der Verdacht einer Extravasation aus den Blutgefässen nahe (Krause). — Der Gehalt der Lymphe hungernder Thiere soll reicher an Eiweiss und dafür ärmer an Wasser sein als der, gefütterter (?) (Chevreul, L'heritier und Gmelin). Die Beobachtungen zur Begründung der letzteren Behauptung sind allerdings insofern nicht vollkommen vergleichbar, da die beiden ersteren Chemiker ihr Objekt aus dem ductus thoracicus eines hungernden Hundes und Menschen, der letztere sie aus dem Lendengeflecht des hungernden Pferdes nahm. — Krause bestätigt am Hunde, dass ein und dasselbe Thier unmittelbar und in den ersten Stunden nach der Mahlzeit eine um mehrere Prozente verdünntere Lymphe ausgiebt, als nach 24stündigem Hungern. Aber auch bei nüchternen Thieren wechselt der Rückstand bis zu mehreren Prozenten. Die Zunahme derselben steht auch in keiner Beziehung zur Geschwindigkeit der Absonderung; die letztere kann von sehr geringen zu sehr beträchtlichen Werthen anwachsen, ohne dass sich der Gehalt an festen Stoffen ändert.

Quantitative Zerlegungen der menschlichen Lymphe gaben Quevenne (I, II) und Scherer (III). Danach enthalten 100 Theile:

	I.	II.	III.
Fibrin und Körperchen	0,056	0,063	0,037
Fett	0,382	0,920	3,472 (Fett bis Zucker)
Albuminnatron mit 0,01 pCt. $3CaOPO_5$	4,275	4,280	
Alkoholextrakt	0,570 (Alkoholextrakt und Zucker)	0,390	
Zucker		0,050	
NaOCl	0,730 (NaOCl, $2NaOPO_5$ und $NaOCO_2$)	0,640	0,73 (NaOCl, $2NaOPO_5$ und $NaOCO_2$)
$2NaOPO_5$ und $NaOCO_2$		0,180	
Wasser	93,987	93,477	95,76

Nach W. Krause schwankt bei einem und demselben und bei verschiedenen Hunden der prozentische Gehalt der Lymphe an festen Bestandtheilen überhaupt zwischen 2,8 bis 5,0 und der un-

organischen zwischen 0,86 und 0,44. Die an festem Rückstand reichste Lymphe führt keineswegs immer die meisten Salze.

Ausser*) diesen gewöhnlichen Bestandtheilen kommen auch zahlreiche andere in der Lymphe vor; es scheint, als ob alle in der Flüssigkeit des Bindegewebes auflöslichen Stoffe in ihr erscheinen könnten; namentlich ist es festgestellt, dass narkotische Gifte, was man längere Zeit unter dem Einflusse von Emmert läugnete, in die Lymphe übergehen (Bischoff). Siehe hierüber Cl. Bernard l. c.

3. Die Geschwindigkeit**), mit welcher die Lymphe aus dem Halsstamm des Hundes ausfliesst, ist bei verschiedenen Hunden unter scheinbar denselben Umständen eine sehr verschiedene. Bei einem Thier kann man in kurzer Zeit grössere Mengen, bei anderen selbst während einer tagelang fortgesetzten Beobachtung nur wenige Grammen sammeln. Es hat den Anschein, als ob dieser Unterschied in ursprünglichen Einrichtungen, in der sogenannten Constitution begründet wäre. Junge lebhafte muskelkräftige Hunde mit straffer Haut geben fast regelmässig mehr Lymphe als träge, fette, alte mit schlaffer Haut.

Aber auch an demselben Thier ist die Geschwindigkeit, mit welcher die Lymphe ausfliesst, je nach besonderen Bedingungen eine sehr verschiedene; mit anderen Worten, es sind die letzteren von einer sehr ungleichen Wirkung. Namentlich scheint es nicht allzu gewagt, dieselbe nach ihrer auf den Lymphstrom wirkenden Kraft in zwei grosse Gruppen zu bringen; eine Reihe von willkührlich einzuführenden Umstände ist nämlich nur befähigt, den schon vor ihrer Anwesenheit vorhandenen Lymphstrom zu verstärken, keineswegs aber im Stande, ihn zu erzeugen, wenn er fehlt; aber auch die verstärkende Eigenschaft kommt ihnen nicht immer zu. Die andere Reihe kann dagegen den ganz fehlenden Strom auch hervorrufen.

Zu den ersteren, die wir die begünstigenden nennen wollen, gehören: a. Bewegungen der Gesichts- und der Halsmuskeln (Colin, Schwanda). — b. die Einspritzung von soviel Opiumtinktur in die Venen, dass dadurch ein vorübergehender Krampf mit darauffolgender tiefer Narkose erzeugt wird. Schon während des Krampfs beginnt die Lymphe verstärkt zu fliessen, aber dieser stärkere Strom dauert auch noch während des tiefen Schlafes bei vollkommener Muskelruhe fort, namentlich wenn die Haut des Kopfes

*) Henle's und Pfeufer's Zeitschrift. I. 35. — IV. Bd. 63. — V. Bd. 293. — Zeitschrift für physiol. Heilkunde. XI. Bd. 23. — Fränkel, De resorpt. vasor. lymphatic. Berlin 1847. — Cl. Bernard, Leçons sur les liquides de l'organisme 1859. II. 409.

**) Krause, Henle's und Pfeufer's Zeitschrift N. F. VII. Bd. — Schwanda, Wiener med. Wochenschrift 1858.

sich geröthet hat. Der vermehrte Ausfluss dauert meist eine Stunde und mehr; er mindert sich jedoch noch während der Narkose auf das Maass, welches vor der letztern bestand (C. Ludwig, Schwanda). — c. Tetanisirende Reizungen des wohlisolirten n. facialis unmittelbar nach seinem Austritt aus dem for. stylomastoideum mehren den vorhandenen Strom, selbst dann, wenn dabei die Muskeln des Gesichts in Tetanus übergehen, sodass also das Gesicht während der Reizungsdauer unbeweglich bleibt. Zuweilen kommt es vor, dass mit der Schliessung der tetanisirenden Vorrichtung der Lymphstrom beginnt und mit dem Ende der Reizung plötzlich aufhört (Schwanda). — d. Schmerzhafte, Geschrei und Kopfbewegung veranlassende Reizungen der Kopf- und Mundhaut wirken ähnlich (Krause). — e. Ebenso Durchschneidung des n. sympathicus am Halse (Thomsa, C. Ludwig). — f. Ein öfter wiederholter Druck auf den Verlauf der Wurzeln und Stämme, welche sich in das Halsgefäss ergiessen, namentlich wenn dieser soweit getrieben wird, dass sich jene zuflussgebenden Röhren entleeren, kann die Menge der ausfliessenden Lymphe sehr mehren; jedesmal wenn die Entleerung stattgefunden, füllt sich das ganze System rasch wieder, sodass es bis zu einem gewissen Grad in der Hand des Beobachters liegt, wie viel Lymphe er gewinnen will (Schwanda, Krause).

Zu den Umständen, welche den Lymphstrom im Halsstamm dauernd und regelmässig verstärken, und ihn auch, wenn er vorher nicht vorhanden, wach rufen, gehört die Bildung eines Oedems in der Gesichtshaut. Umschliesst man die Schnautze mit einem festen Band und schwillt in Folge dessen die Oberlippe auf, so fliesst, wenn man das Band lösst, die Lymphe reichlich; dabei nimmt die Lippenanschwellung ab, jedoch nur sehr allmählig, und es dauert der vermehrte Strom oft lange Zeit.

Ohne merklichen Einfluss auf den Gang des Abfliessens ist dagegen die Unterbindung der Carotiden (Krause), ferner die Unterbindung der blossgelegten grossen Halsdrüse, aus welcher der Lymphstamm hervorgeht (C. Ludwig) und endlich ist es gleichgültig, ob das Thier zum letzten mal vor 24 oder vor wenigen oder vor einer Stunde gefüttert wurde.

Die folgenden Zahlen sind aus Beobachtungen abgeleitet, die mindestens $^1/_4$, öfter aber auch mehrere Stunden dauerten. Sie sind von Krause, Schwanda, Thomsa und C. Ludwig gefunden. Die Methode des Aufsaugens beschreiben Krause und Schwanda l. c.

Nummer d. Hundes.	Mittlere Lymphmenge in 1 Minute aus d. Gefäss.		Gewicht des halben Kopfes	Lymphmenge für 1 Kilo Kopf in 24 Stunden.		Bemerkungen.
	Rechts.	Links.		Rechts.	Links.	
I	0,272 Gr.	0,392	0,965 Kilo	405,8 Gr.	585,0 Gr.	Ausstreichen der Gefässstämme.
II	0,227 „	0,346	1,290 „	259,6 „	387,0 „	
III	0,292 „	0,389	1,025 „	414,0 „	539,5 „	
IV.	—	0,217	Bestreichen des Gesichts.			
	—	0,172	Durchschneidung d. Symp. ohne Bestreichen.			
	—	0,206	Narkose.			
V.	0,685	0,118	Bestreichen des Gesichts.			
	0,037	0,041	Vagus links durchschnitten.			
	0,020	0,029	Dasselbe.			
	0,034	0,025	Narkose.			
	0,069	0,040	Eröffnung d. Oedem erzeugenden Schnur.			
VI.	0,09	—	Vor 22 Stunden das letzte Fressen.			
	0,36	—	Während d. ersten 17 Minuten nach Opiumeinspritzg.			
	0,11	—	Von 17—77 Minuten nach Opiumeinspritzung.			
VII.	0,015	—	Narkose.			
	0,050	—	Sympathic. durchschnitten.			
	0,062	—	Vagus derselben Seite durchschnitten.			
	0,082	—	Geöffnetes Oedem.			
VIII.	0,032	—	Seit 24 Stunden nüchtern			das Thier verharrt während d. ganzen Beobachtungszeit in aufrechter Stellung mit frei beweglichem Hals.
	0,007	—	Vor 1 Stunde gefüttert.			
	0,009	—	Während d. 3 folgend. Std.			

Die Menge der Lymphe, welche aus den untern Extremitäten fliesst, ist wegen der zahlreichen Verbindungen, die die Stämmchen untereinander eingehen, nicht sicher zu bestimmen. Oefter sieht man aber aus den geöffneten Stämmen die Lymphe reichlich fliessen.

Aus einer Oeffnung, die sich in einem varikösen Lymphgefäss des Schenkels einer Frau befand, sammelten Gubler und Quevenne in der Stunde 120 Gran. Da der Strom aus der Oeffnung mit gleichförmiger Geschwindigkeit (zwei Tage hindurch) vor sich ging, so betrug der 24stündige Verlust, den das Individuum an Lymphe erlitt, 2900 Gr., eine Zahl, die sehr gross erscheint, wenn man bedenkt, dass ausser dem angestochenen noch viele andere Lymphgefässe, die allerdings mit diesen communiziren aus dem Schenkel aufsteigen. In Uebereinstimmung mit dieser Beobachtung sind andere von Assalini und Müller. Da aber in allen diesen Fällen Krankheiten der Lymphgefässe vorhanden waren, so so darf man sie nicht benutzen, um daraus den Umfang der gesunden Lymphabscheidung abzuleiten. Wie gross dieser letztere ist, danach auch nur zu fragen ist gegenwärtig nicht gerechtfertigt.

4. Lymphbildung. Alle Lymphe bezieht ihr Material aus zwei Orten; der eine ist an den Wurzeln der Lymphgefässe und der andere in den Drüsen gelegen; der erstere liefert, wie wir vermuthen, alle oder mindestens den grössten Theil der Flüssigkeit, der zweite die Körperchen.

Da der flüssige Antheil der Lymphe reichlicher strömt, wie so eben dargethan wurde, wenn sich die Säfte, welche in den Geweberäumen niedergelegt werden, mehren, so muss zwischen der Bildung von Lymphe und von Gewebesaft eine gewisse Beziehung bestehen. Diese könnte allerdings zunächst nur dadurch begründet sein, dass zum Entstehen der beiden Flüssigkeiten analoge Bedingungen nöthig sind; der Zusammenhang kann aber möglicher Weise auch dadurch gegeben werden, dass das, was früher Gewebesaft war, später Lymphe wird. Für diese zweite Alternative scheint nun auch die schon angeführte Erfahrung zu sprechen, dass in Folge eines reichlicheren Ausflusses von Lymphe aus solchen Stämmen, welche ihre Wurzeln aus einer Gegend beziehen, die vom Oedem befallen war, das letztere an Umfang abnimmt. Also scheint die Oedemflüssigkeit durch die Lymphgänge abzufliessen. Zu dieser Erfahrung gesellt sich bestätigend noch eine andere. Auf S. 424 wurde erwähnt, dass die Unterbindung des Ureters einer Niere, die gerade in der Harnabsonderung begriffen war, ein beträchtliches Oedem in der Fettkapsel jener Niere erzeugt. Aus diesem kann man nun leicht eine sehr reine Oedemflüssigkeit gewinnen, die je nach der Gewinnungsart eine verschiedene Zusammensetzung zu besitzen scheint. Tödtet man, nachdem die Oedembildung voraussichtlich schon weit fortgeschritten, das Thier durch Verblutung, reinigt dann mit Fliesspapier möglichst sorgfältig die Oberfläche der Geschwulst, schneidet nun die ausgedehnten Maschen ein und fängt dann in Uhrschälchen die aussickernde Flüssigkeit auf, so erhält man einen wasserhellen Saft, der gänzlich frei von Lymphkörperchen ist, der aber ähnlich gerinnt wie die Lymphe und der einen in Wasser löslichen Stoff enthält, welcher das CuO reduzirt; dieser letztere Stoff ist dem Anscheine nach mindestens in derselben Menge im Oedemsaft enthalten, in welcher der Traubenzucker in der Lymphe vorkommt; denn es genügen in beiden Fällen wenige Tropfen des Ausgeflossenen zur Erzeugung einer merklichen Reduction. Daraus geht also hervor, dass die Flüssigkeiten in dem Oedem und in den Lymphgefässen einige Eigenschaften mit einander gemein haben.

Wäre der so eben als wahrscheinlich hingestellte Zusammenhang wirklich erwiesen, so würde sich die Frage erheben, wie und wann kommt die Entstehung des Gewebesaftes zu Stande und wie dringt er aus den Gewebsräumen in die Lymphwurzeln. — Da nun bekanntlich die aus Bindegewebe geformten Organe ödematös anschwellen, wenn sich ein Hemmniss in dem Strom der Venen einfindet, welche das Blut aus der angeschwollenen Region abführen, und da sich damit auch die Spannung des Bluts in den betreffenden Capillaren steigert, so ist man geneigt, diese letztere als die Ursache des Oedems anzusehen. Diese Annahme ist allerdings nicht ohne Weiteres verwerflich, aber es ist doch auch bedenklich, sie ohne Weiteres anzunehmen, so lange mit ihr nicht erklärt werden kann, warum die chemische Zusammensetzung der in die Gewebsräume filtrirten Flüssigkeit so sehr von der der Blutflüssigkeit abweicht. — Das Wie und Warum die Oedemflüssigkeit in die Anfänge der Lymphgefässe übergeht, ist so lange keiner Diskussion fähig, als die Anatomie der genannten Gebilde noch im Dunkeln liegt.

Selbstverständlich schliesst die Annahme, dass die Lymphe aus der durch Filtration entstandenen Oedemflüssigkeit hervorgeht, andere nicht aus, aber es giebt für dieselbe noch weniger Gründe, als für die Oedemhypothese. Siehe hierüber die erste Auflage dieses Lehrbuchs II. 371.

Nach einer verbreiteten Annahme soll die Lymphe, indem sie durch die Drüsen geht, verändert werden; dieses wäre auf mehrere Arten möglich. In den Hohlräumen der letzteren kommt die Drüse noch einmal mit Blutgefässen und festsitzenden Zellenhaufen in Berührung; der Inhalt der erstern ist jedenfalls und der der letztern wahrscheinlich anders zusammengesetzt als die Lymphe und darum ist die Bedingung für einen endosmotischen Austausch gegeben. Beim raschen Lymphstrom ist er wohl wegen der kurzen Berührungszeit der betreffenden Säfte von sehr untergeordneter Bedeutung. — Insofern die weiteren Lymphgefässe sich in der Drüse noch einmal in feinere Gefässe auflösen, und die in den Drüsenraum eingedrungene Lymphe sich auch zwischen die Zellenhaufen ergiesst, können feste, in ihr aufgeschwemmte Körperchen dort zurückgehalten werden. So findet man z. B. Zinnoberkörnchen in den Achseldrüsen, wenn an dem Vorderarm vor Jahren Tätowirungen vorgenommen wurden. In gesunden Verhältnissen scheint jedoch nur selten Veranlassung zur Filterwirkung der Drüsen gegeben zu sein, da fein-

körnige Fette erfahrungsgemäss sehr leicht durch die letzteren hindurchgehen. Vielleicht ist es in Krankheiten anders. — Endlich bersten die in den Drüsenraum hineinhängenden Blutgefässe sehr leicht; darum sieht man sehr oft eine bis dahin farblos ausfliessende blutscheibenfreie Lymphe einen Stich in das Rothe annehmen; legt man nun die Drüse bloss, so ist sie an dem einen oder andern Theil durch und durch roth gefärbt.

Die Körperchen, welche die Lymphe aufgeschwemmt enthält, werden ihr, wenn nicht ausschliesslich, so doch jedenfalls zum grössten Theil erst in der Drüse beigemengt. Dieses geht aus den auf S. 574 mitgetheilten Beobachtungen hervor. Mit der Feststellung dieser Thatsache sind allerdings die älteren anatomischen Angaben über die Entstehung der Lymphkörperchen beseitigt, die von der Voraussetzung ausgingen, dass sich die letzteren frei schwimmend in der Lymphflüssigkeit selbst bildeten, aber es ist damit noch nicht ihre wahre Formfolge aufgedeckt. Die meisten Anatomen scheinen sich die Annahme zuzuneigen, dass sich die neuen Körperchen durch Theilung der schon vorhandenen bilden. Als Hindeutungen auf diese Entstehungsart sieht man es an, dass die Kerne der Lymphzellen öfter zwei und mehrere Kernkörperchen enthalten, dass die Kerne öfters von der Seite her eingebuchtet sind, als wollten sie sich spalten und andere ähnliche Erscheinungen von ebenso geringer Beweiskraft. — Ebenso allgemein sieht man die kleinere Gattung von Lymphkörperchen als eine Vorstufe der Blutkörperchen an, theils weil neben merklichen Unähnlichkeiten doch auch gewisse Aehnlichkeiten in der Form und Grösse zwischen den beiden Zellenarten bestehen, theils weil man keine andere Quelle der Blutkörperchen anzugeben weiss.

5. Lymphstrom. Die Spannungen und Geschwindigkeiten, welche der strömenden Lymphe zukommen, sind jedenfalls unbedeutend. Für die Spannung der Lymphe hat dieses Noll erwiesen durch das Manometer, welches er bei Hunden und Katzen in den Halsstamm einsetzte. In diesen Versuchen schwankte die Spannung zwischen 10 bis 30 MM. Wasserdruck. Die Giltigkeit dieses Verhaltens kann auch für den Lymphstrom des Menschen behauptet werden, weil die Wandungen der Gefässe bei gleichem Durchmesser ihres Lichten von einer ähnlichen Dicke sind, wie die des Hundes. — Die Geschwindigkeit des Lymphstromes muss schon darum unbedeutend sein, weil die langen und engen Gefässe, noch mehr aber die Lymphdrüsen, einen so grossen Widerstand einführen. Zu-

dem strömt im günstigsten Fall aus dem geöffneten Halsstamm des Hundes die Flüssigkeit nur tropfenweise ab. — Die Richtung des Stromes muss unter allen Umständen von den Wurzeln nach den Venen gehen; dieses ergiebt sich ganz einfach aus der besonderen Anordnung der Klappen, welche, bekanntlich in sehr kurzen Zwischenräumen aufeinander folgend, so gestellt sind, dass sie den Strom nur in der bezeichneten Richtung möglich machen. — Zu den Mitteln, welche die Spannung und Bewegung der Lymphe unterhalten, zählen, wie Noll nachgewiesen, jedenfalls die Respirationsbewegungen und die Pressungen, welche die umliegenden Muskeln geradezu oder auf Umwegen auf die Gefässe ausüben. — Beide Einflüsse wirken hier ganz in derselben Weise, wie diess ausführlich beim Blutstrom besprochen wurde (pag. 142 u. f.). Ausserdem kann nicht wohl bestritten werden, dass auch zeitweise die Muskeln in der Wand des Lymphgefässes dem Inhalte eine Bewegung mittheilen werden. Daneben steht aber auch fest, dass diese drei Umstände gewiss nicht die einzigen Triebfedern des Lymphstromes darstellen. Denn es besteht auch noch eine Lymphbewegung an Orten, wo keine Muskeln, weder innerhalb noch jenseits der Muskelwand, wirksam sein können, wie z. B. in den Lymphgefässen der Knochen und in den Anfängen der Lymphgefässe mit muskelfreien Wandungen; zudem ergiebt die Beobachtung der blossgelegten Lymphgefässe oder des in sie eingefügten Manometers, dass der Strom oft unter derselben Spannung lange Zeit hindurch anhält, ohne irgend welche sichtbare Veränderung in dem Durchmesser des Gefässes oder ohne dass irgend welche Zusammenziehung in den umgebenden Muskeln bemerklich ist. Endlich erfolgt aber, wie aus den Beobachtungen von Stannius*) hervorgeht, auch noch die Lymphbewegung in todtenstarren Gliedern (?). Die Respirationsbewegung kann aber nicht Ursache des dauernden Stromes sein, da sie selbst in der Nähe der Einmündung des Gefässes in die Vene nur sehr unbedeutende Spannungsveränderungen erzeugt und keinesfalls jenseits der Drüse hinwirkt; die mögliche Unabhängigkeit unseres Stromes von diesen Bewegungen wird aber am besten durch den bekannten Versuch erwiesen, dass ein Gefäss, wenn es auch zugeschnürt ist, sich zwischen den Wurzeln und dem Unterbindungsfaden strotzend anfüllt, obwohl sich durch die unterbundene Stelle hindurch die Folgen der Respirationsbewegung

*) Archiv für physiolog. Heilkunde. XI. 23.

gar nicht geltend machen können. — Nach allem Diesen liegt es nahe, zu vermuthen, dass die Gewalt, welche die Flüssigkeit in die Gefässe treibt, auch die Fortführung durch dieselben zu vermitteln möge. Von diesem Gesichtspunkte aus ist es nun bemerkenswerth, dass auch am todten Thiere, bevor der Inhalt der Gefässe geronnen, der Lymphstrom unterhalten werden kann, wenn man durch Einspritzung von Wasser in die Blutgefässe eine wassersüchtige Anschwellung der Gewebe bewirkt, und dass die Spannung, unter der die Lymphe strömt, sich steigert mit der zunehmenden Anfüllung des Unterhautzellgewebes (Noll). — Noch mehr aber, dass der Lymphstrom wenn nicht ganz aufhört, so doch wenigstens sehr verlangsamt wird, wenn die Blutcirculation in der untern Extremität nahebei oder ganz unterdrückt ist (Bischoff, Meder *).

Zufuhr neuer Blutbestandtheile durch die Speisen.

Der Verlust, den der thierische Körper an wägbaren Atomen erleidet durch Ausscheidung von Harn, Koth, Dunst, Epithelialzellen, Samen, Milch u. s. w., erfährt seine Ausgleichung durch eine Aufnahme von festen, flüssigen und gasförmigen Stoffen. Da wir bei der Athmung schon das Eindringen des Sauerstoffs besprochen haben, so bleibt es uns hier noch übrig, den Gewinn an festen und flüssigen Massen zu behandeln, welche durch den Darmkanal hindurch in das Blut eindringen.

A. Nahrungsbedürfniss**).

Eine Reihe von eigenthümlichen Empfindungen, die wir Hunger und Durst nennen, bestimmt den Menschen Nahrung aufzunehmen.

1. Der Hunger drückt sich durch eine nagende oder drückende Empfindung in der Magengegend aus; wenn sie einige Zeit bestanden, so gesellt sich zu ihr eine unbehagliche, leidenschaftliche Stimmung und der bestimmt ausgesprochene Wunsch nach fester Nahrung.

Die Nerven, welche den Hunger veranlassen, scheinen bei niederen Graden desselben die sensiblen Magennerven zu sein. Bei höhern Graden des Hungers scheinen sich dagegen an seiner Erzeugung auch die sensiblen Nerven des Dünn- und Dickdarms zu

---

*) Meder in Meissners Jahresb. für 1858. p. 219.

**) Volkmann, Handwörterbuch der Physiologie. II. 588. — Longet, Anatomie et physiologie du systeme nerveux. II. p. 327. — Moleschott, Die Physiologie der Nahrungsmittel. Giessen. 1859. 178. — Busch in Virchow's Archiv. XIV. 140.

betheiligen, und vielleicht auch noch andere weit und zahlreich durch den Organismus verbreitete Nervenmassen.

Für den Antheil der Nerven des Magens spricht die örtliche in dem genannten Organ auftretende Empfindung, vorausgesetzt, dass die Gefühle des Magens, gerade so wie die aller übrigen empfindenden Flächen nur ausgelösst werden durch die Nerven, welche sich in ihnen verbreiten. Diese Annahme findet noch darin ihre weitere Bestätigung, dass der schwach gradige Hunger durch passende örtliche Einwirkungen auf den Magen gestillt werden kann. So wird namentlich unmittelbar nach der Anfüllung des Magens mit Speisen und insbesondere bevor die eingeführte Nahrung verdaut oder in merklicher Menge in das Blut aufgenommen ist, der Hunger gestillt. Auch stellt sich häufig der Hunger nicht ein, wenn die Absonderung aus der Magenschleimhaut verändert oder die Anfüllung ihrer Blutgefässe jenseits eines gewissen Grades gesteigert ist, obwohl sonst noch so gute Gründe für seinen Eintritt vorhanden sein mochten.

Der Versuch, mittelst Nervendurchschneidungen ins Klare zu kommen, scheint bis dahin erfolglos geblieben zu sein. Es wurde allerdings übereinstimmend festgestellt, dass Thiere, deren nn. vagi am Halse durchschnitten waren, unter Umständen noch begierig die vorgesetzte Speise verzehrten (Reid, Longet, Bidder u. A.), und dass ebenso Katzen nach Durchschneidung der nn. splanchnici noch frasen (Haffter, C. Ludwig); aber diese Beobachtungen widerlegen keinenfalls die Annahme, dass sich an die genannten Nerven die Hungerempfindung knüpfe, da noch mannigfaltige andere und namentlich psychische Gründe Veranlassung zur Aufnahme der Speisen geben können. Diesen letzteren müsste man es allerdings Schuld geben, wenn den speisesuchenden Thieren, wie es Longet ausführte, neben den nn. vagi auch noch die Geschmacksnerven durchschnitten wurden.

Andererseits kann aber auch der Hunger bestehen trotz einer andauernden Anfüllung des tüchtig verdauenden Magens mit leicht verdaulichen Speisen. Dieses geschieht namentlich, wenn die im Magen veränderten Speisen wegen einer bestehenden organischen Verengung des pylorus oder einer Dünndarmfistel nicht in den Dünndarm übergehen und also auch nicht der Blutbildung zu Gute kommen. In diesen Fällen verschwindet allerdings nach dem Essen das lästige vom Magen ausgehende Gefühl, aber es bleibt immer noch ein mächtiger Antrieb zur Aufnahme von Speisen zurück. Dieser letztere kann dagegen gestillt werden, wenn in den Dünn- und Dickdarm Nahrung eingebracht und diese von dort in das Blut übergeführt wird (Tiedemann, Longet, Busch). — Aus diesen Thatsachen kann man zunächst nur folgern, dass bei dauern-

der Entziehung der Speisen nicht allein der Magen sondern auch die übrigen Darmstücke den Hunger anregen. Für den weiteren Schluss, den man gezogen, dass alle Empfindungsnerven des Körpers ihre mangelhafte Ernährung zum Bewusstsein bringen, liegen keine Beweise, aber auch keine Gegengründe vor, es sei denn, man wolle unter die letzteren die Erfahrung zählen, dass trotz der höchsten Abmagerung alle Lust zum Fressen fehlt, wenn die Verdauungswerkzeuge auch nur von einer leichten krankhaften Anwandlung ergriffen sind.

Die Veränderungen, welche die Säfte oder Organe, in welche die Hungernerven eingebettet sind, erleiden müssen, um die Erregung dieser letztern zu veranlassen, kennen wir nicht; statt dessen sind uns nur einige ganz allgemeine Bedingungen bekannt, unter denen sie entsteht. Namentlich stellt sich der Hunger ein nach längeren Enthaltungen der Nahrung; die Zeit, welche nach einer Mahlzeit verstreichen muss, bevor sich das Bedürfniss nach einer neuen einfindet, variirt mit der Menge zuletzt aufgenommener Nahrung und mit dem Blutverbrauch während der Enthaltung von derselben; so beschleunigen Muskelanstrengungen, Entleerungen blutähnlicher Flüssigkeiten (Samen-, Milch-, Eiterverlust), Ablagerungen von Blutbestandtheilen in die Gewebe (Wachsthum, Erholungsstadium nach Krankheiten) den Eintritt desselben. — Ferner ist sein Kommen abhängig von seelischen Erregungen, indem er sich einstellt zu gewissen Tageszeiten, an denen wir gewöhnt sind zu essen; man vermuthet in diesem Falle die Abwesenheit von Bedingungen, die den vorher erwähnten ähnlich sind, weil ein solcher Hunger auch leicht wieder verschwindet, ohne dass das Nahrungsbedürfniss durch Aufnahme von Speise befriedigt wurde.

Man giebt auch an, dass der Genuss einiger stark schmeckender Stoffe, wie z. B. des Pfeffers, essbarer Seethiere (Austern, Häringe) u. s. w.) Hunger erregt (?). — Ueber einen pathologischen Hunger, den sogenannten Bulimus siehe Moleschott am bezeichneten Orte p. 185.

Die Stillung des Hungers kann entweder geschehen durch die Abstumpfung der Erregbarkeit oder durch Entfernung der erregenden Ursache. — Auf den erstern Fall wird man schliessen, wenn das Gefühl nach längerem Bestehen verschwindet, auch ohne dass Nahrungsmittel aufgenommen sind, oder wenn Arzneistoffe, die die Erregbarkeit abstumpfen, wie z. B. Tabak, Opium, Alkohol u. s. w., genossen wurden. — Die Entfernung der erregenden Ursache ist

gegeben, wenn der Magen oder der Darmkanal mit verdauungsfähigen Speisen erfüllt wurde.

Nach einer Anfüllung des Magens tritt auch noch ein anderes Gefühl, das der Sättigung hervor, welches als das bestimmte Zeichen für das Genug der Nahrung angesehen werden muss. Dieses hängt wahrscheinlich von verschiedenen Umständen ab, namentlich aber scheint es begründet zu sein in dem Drucke, welchen die Umgebung des Magens, insbesondere die Bauchdecken, durch die Anfüllung desselben erfahren.

2. Durst. Das Gefühl, als dessen nächstes seelisches Resultat das Begehren nach Wasser auftritt, äussert sich als eine Empfindung der Rauhigkeit und des Brennens in der hintern Schlundwand, dem weichen Gaumen und der Zungenwurzel. — Die Nerven, deren Erregung sich als Durst ausdrückt, liegen wahrscheinlich auch an den eben genannten Orten, da eine isolirte Durchtränkung derselben den Durst mindert oder aufhebt. Wir haben so die noch unentschiedene Wahl zwischen Vagus, Glossopharyngeus, Trigeminus. — Die Durstempfindung stellt sich ein, wenn der prozentische Wassergehalt der Gaumen- und Rachenhaut unter einen gewissen Werth sinkt, wie dieses z. B. geschieht nach reichlichem Wasserverlust des Blutes, ohne den entsprechenden an festen Bestandtheilen (Wasserabscheidung durch Haut und Lungen), oder nach örtlicher Eintrocknung des Mundes durch eingezogene Luft, oder nach dem Genuss salziger, wasseranziehender und wasserabführender Stoffe. Die obige Definition schliesst die Folgerung in sich, dass ein gleicher Verlust an Wasser und den wesentlichen festen Theilen selbst bei vollkommener Entbehrung des Wassers nicht zum Durst führen kann. Diese Behauptung hat Chossat durch den Versuch bestätigt, welcher zeigte, dass die Thiere, denen die festen Speisen bis zum Verhungern entzogen waren, auch das Wasser entweder ganz verschmähten oder nur sparsam benutzten, welches ihnen in der Hungerzeit gereicht wurde. — Die Stillung des Durstes ist möglich sowohl durch örtliche Befeuchtung des Rachens, als auch durch Einführung von Wasser in das Blut, gleichgiltig, ob es dorthin durch den Magen, durch den Dickdarm oder durch direkte Einspritzung in die Venen gelangte.

3. Das Nahrungsbegehren beschränkt sich aber bekanntlich nicht blos darauf, Stoffe festen und flüssigen Aggregatzustandes zu verlangen, es dringt auf Stoffe ganz bestimmter Zusammensetzung, die sog. Speisen, und unter diesen wählt es je nach dem

Bedürfniss des Organismus auch noch die eine oder andere vorzugsweise aus. Die Gründe, welche bei dieser Wahl das höhere Thier vorzugsweise bestimmen, liegen offenbar in den Geruchs*)- und Geschmackswerkzeugen, in dem Temperaturgrad des Körpers und der Speisen, in dem Widerstand, den die letzteren beim Kauen den Zähnen entgegensetzen, in Erinnerungsbildern u. s. w. Keinenfalls kann aber eine spezifische und prädestinirte Beziehung zwischen dem Nahrungsbegehren und der Nährfähigkeit der geforderten Substanz angenommen werden; denn es verschmäht bekanntlich ein Hund das Fleisch, wenn es vollkommen mit Wasser ausgezogen, von allen schmeckenden Substanzen befreit ist, trotz seiner ausgezeichneten Fähigkeit die Ernährung zu unterstützen; die unverdaulichen Sägespähne aber, welche mit Bratenbrühe besprützt sind, frisst er begierig.

4. Dem Nahrungsbegehren steht der Ekel entgegen; veranlasst wird dieser seelische Zustand durch unbestimmte Empfindungen in der Rachenhöhle, ähnlich denen, welche einem Brechanfall vorausgehen; es scheint demnach, als ob ihn die nn. vagus oder glossopharyngeus einleiteten. Da zu den ihn erregenden Umständen Kitzeln der Rachenhöhle, Schleimanhäufungen daselbst, gewisse Gerüche und Geschmäcke und Erinnerungen an diese letzteren gehören, so ist es begreiflich, dass sich der Ekel ebensowohl gegen die Nahrung überhaupt als auch gegen einzelne Speisen richten kann.

B. Nahrung.**)

1. Der unwiederbringliche Verlust des Blutes liess sich schliesslich zurückführen auf den seines Wassers, seiner Mineralsalze, seiner Fette und Eiweissstoffe; also muss die Nahrung diese Verbindungen entweder geradezu einbringen, oder wenigstens solche Stoffe, aus denen jene Atomcombinationen innerhalb des thierischen Körpers hervorgehen können. Diese neu einzuführenden Atome müssen jedoch, wenn sie den Fett- und Eiweissverlust ersetzen wollen, in Verbindungen anlangen, welche ärmer an Sauerstoff sind, als die, in welchen sie den Organismus verlassen, da sie in diesem dann doch endlich jedesmal oxydirt werden; ausserdem müssen

*) Schiff, Untersuchungen zur Naturlehre s. Moleschott VI. 254.

**) Moleschott, Physiologie der Nahrungsmittel. Giessen. 1860. — Artmann, Die Lehre von den Nahrungsmitteln. Prag. 1859. Das erstere dieser beiden Werke erörtert in grosser Ausführlichkeit die ganze Physiologie der Nahrung; das letztere tritt ergänzend ein, insofern es die Aufbewahrung und Fälschung der Nahrungsmittel nach dem neuesten Stande bespricht. — Hildesheim, Versuch einer Normaldiät. Berlin 1856. Dieses giebt auf Grundlage meist bekannter Thatsachen Berechnungen der zum Bedarf nothwendigen Nährmittel.

auch die Verbindungen der Nahrungsmittel mehr Spannkräfte führen als die Auswürflinge, da der thierische Körper theils bei der Wärmebildung und theils bei der Muskelzusammenziehung Spannkräfte in lebendige umsetzt. — Diese Bestimmungen sind nun, wie man leicht einsieht, noch lange nicht genügend, um die besondere Combination der nährenden Atome festzustellen, da sich in der That die geforderten Bedingungen auf unzählige Weisen erfüllen lassen, wenn dem Darmkanale oder seinen Hilfswerkzengen die Befähigung zukommt, beliebige sauerstoffarme C-, H-, N-verbindungen zu Eiweiss und Fett zusammenzuordnen. Diese Unbestimmtheit, welche die theoretische Feststellung der Nahrungsmittel übrig lässt, hat die Erfahrung kurzweg beseitigt. Sie zeigte nemlich dass den Verdauungswerkzeugen die oben vorausgesetzte combinatorische Befähigung abgehe, und zwar geschah dieses durch den schlagenden Versuch, dass die Thiere unrettbar dem Hungertode entgegengehen, wenn ihnen die im Eiweiss und Fett enthaltenen Atome in anderen Verbindungen als gerade in diesen gereicht werden. Demgemäss müssen in der Nahrung mindestens enthalten sein: eiweissartige Stoffe (Fibrin, Casein, Albumin etc.), Fette (Olein, Stearin, Margarin, Palmitin), Natron, Kali, Eisenoxyd, Magnesia, Kalk, Chlor, Fluor, Phosphorsäure, Wasser. Die obigen Ableitungen lassen es aber begreiflich zu, dass in den Nahrungsmitteln neben den aufgezählten noch andere Verbindungen enthalten sein können, da sie nicht behaupten, dass nur mit Fetten und Eiweiss u. s. w. die Zwecke des thierischen Körpers erreicht werden könnten. Im Gegentheil, ist es sogleich einleuchtend, dass dieses nach der einen oder andern Seite hin auch mittelst der ersten Abkömmlinge der Eiweissstoffe und Fette, oder mit Hilfe von Atomgruppen geschehen könne, die jenen Abkömmlingen nach Zusammensetzung und Eigenschaften nahe stehen. In der That enthalten die wirklich aufgenommenen Nahrungsmittel auch noch solche Gruppen, von denen hervorzuheben sind: Kohlenhydrate (Amylon, Dextrin, Zucker); von diesen werden die beiden ersteren mindestens bis zum Zucker umgewandelt. Obwohl Zucker aus anderen Stoffen im Thierleibe selbst gebildet wird (Leber, Muskeln), so führt ihn doch selbst die natürliche Nahrung des Säuglings (Milchzucker); der Erwachsene sucht die Kohlenhydrate so begierig, dass es sogar fraglich wird, ob sie nicht zu den absolut nothwendigen Nahrungsmitteln zählen. Die Nahrung enthält ferner leimgebende Stoffe (Bindegewebe und Knorpel); diese sind häufig aber keineswegs nothwendig. Endlich

enthält die Nahrung häufig organische Säuren (Essig-, Milch-, Aepfel-, Citronensäure) und deren Salze.

2. Die Nahrung, welche das Leben erhalten soll, muss also ein Gemenge mindestens von Eiweiss, Fetten und den bezeichneten Mineralien sein, zu ihnen gesellen sich meist noch Kohlenhydrate. Die Gewichtsverhältnisse der einzelnen Nahrungsmittel in diesem Gemenge sind keine constanten, wie die oberflächlichste Betrachtung der menschlichen Nahrung ergiebt. Diese Erscheinung ist erklärlich, wenn man die Umsetzungen in und die Ausscheidungen aus dem thierischen Körper betrachtet. Denn es stellt sich dieser letztere als eine Zusammensetzung sehr mannigfaltiger bis zu einem gewissen Grade von einander unabhängiger Zersetzungsherde heraus. Je nachdem nun in dem einen oder andern die Umsetzung sich mindert oder mehrt, muss sich also bei gleichbleibendem Umsatz der einen Stoffgruppe derjenige einer anderen veränderlich gestalten. Statt aller erinnern wir nur an die eine hierher gehörige Erscheinung, dass die Ausscheidung des N-gases, Harnstoffes, Wassers, Kochsalzes u. s. f. durch Lunge, Niere und Haut einen veränderlichen Betrag gewann mit dem Gehalte des Eiweisses, Amylons, Wassers u. s. w. in der Nahrung selbst. — So umfangreich nun aber auch der prozentige Gehalt der einzelnen Bestandtheile in der Gesammtnahrung wechseln kann, so ist er doch auch wieder in gewisse Grenzen eingeschlossen; namentlich darf als feststehend gelten: a) in der Nahrung nimmt das Wasser das grösste und die feuerfesten Mineralbestandtheile das geringste Gewicht ein; in der Mitte zwischen beiden liegen die organischen Stoffe. — b) Der Nahrung, welche für die Dauer das Leben erhalten soll, darf niemals fehlen Wasser, die aufgezählten Salze und die Eiweissstoffe; fraglich ist dagegen, ob der Nahrung des Menschen das Fett entbehrlich ist, vorausgesetzt dass es durch Kohlenhydrate ersetzt wird. — c) Bei einer Steigerung der Fette und Kohlenhydrate dürfen, unbeschadet der Lebenserhaltung, die prozentigen Werthe der Eiweissstoffe abnehmen und umgekehrt. — Weitere Zusätze zu diesen Bemerkungen giebt noch der Abschnitt über Vergleichung von Einnahme und Ausgabe.

3. Damit dieses Gemenge aber nährfähig sei, muss noch Folgendes erfüllt sein: a) die einzelnen Nahrungsbestandtheile müssen in ihm in der Art vorkommen, dass sie von den verdauenden Säften in Blutbestandtheile umgewandelt werden können. Namentlich müssen also die Nahrungsstoffe nicht in einer innerhalb des Darm-

kanals unlöslichen und unzersetzbaren Verbindung gereicht werden, oder sie dürfen nicht von unlöslichen und undurchdringlichen Hüllen umgeben sein. — b) Da die Nahrungsmittel, mit Ausnahme der Salze und des nicht nothwendigen Zuckers, sich gleichgiltig gegen die Nerven verhalten, so müssen sie nervenerregende, (schmeckende, beissende, brennende u. dgl.) Zusätze erfahren. Denn nur damit wird es möglich, die Speichel- Magen- und Darmdrüsen, die unter dem Einflusse der Nerven absondern, zur Bildung einer genügenden Menge verdauender Säfte zu veranlassen. Diese Beigabe, das Gewürz, besteht je nach der Bildung und Empfindlichkeit des Geschmacksinnes aus sehr verschiedenen Stoffen.

Wir verweisen bezüglich der Gewürze auf Moleschott, Artmann und Rochleder*). Man findet dort auch Mittheilungen über mancherlei andere Stoffe, die der Mensch nur des Geschmackes, oder auch der Hirnerregung, der Verlangsamung oder Beschleunigung des Stoffwechsels u. s. w. wegen aufnimmt.

4. Speisen. Die Mischungen einfacher Nahrungsmittel oder der Speisen, wie sie die Natur oder Kunst bietet, sind, vorausgesetzt, dass man Rücksicht auf die Nahrung aller Erdbewohner nimmt, von unsäglicher Verschiedenheit, je nach den Eigenthümlichkeiten des Wohnortes, der Culturstufe und der Race der sie geniessenden Menschen. Untersucht man aber genauer die Werke der Kochkunst, welche von weitaus den meisten Individuen unter den gebildeten Nationen verzehrt werden, so gewahrt man bald, dass diese sich im Ganzen doch nur weniger, von der Natur gebotener Gemische, als Elemente ihrer complizirten Gerichte und Mahlzeiten bedienen. Zu diesen natürlichen Speisen, auf denen das leibliche Wohl des besten Theiles der Menschheit ruht, gehört: das Fleisch einiger Säugethiere (der Wiederkäuer, weniger Nager und Dickhäuter), einiger Vögel und vieler Fische, die Milch der Wiederkäuer, die Eier grosser Vögel, das Mehl von Weizen, Roggen, Gerste, Hafer, Mais, Reis, Bohnen, Erbsen und Kartoffeln, einige Baumfrüchte, einige Gemüse (Rüben, Kraut u. s. w.) und endlich Quellwasser. Zu diesen gemischten Nahrungsmitteln kommen schliesslich noch einige einfache Zucker, Fette, Oele und Kochsalz.

Da der grösste Theil derselben erst dann gegessen wird, nachdem er in der Küche mancherlei Umwandlung seines natürlichen Zustandes erfahren hat, so wird eine physiologische Betrachtung jener Speisen auf diese Umwandelungen Rücksicht zu nehmen haben.

*) Genussmittel und Gewürze. Wien 1852.

Ganz allgemein betrachtet, stellt sich nun die Kochkunst drei ganz verschiedene Aufgaben. Zuerst mischt sie die natürlichen Speisen noch weiter, namentlich setzt sie ihnen mancherlei Gewürze bei; zweitens befreit sie die Nahrungsmittel von unverdaulichen Beimengungen, und endlich verändert sie die Auflöslichkeit derselben in den Verdauungssäften in der Art, dass sie die Zeit, welche zu ihrer Verdauung nothwendig ist, entweder verlängert oder abkürzt. Von diesen drei Einwirkungen der Kochkunst sind die beiden ersten entweder so vielfacher Willkür unterworfen, oder so einfacher Art, dass sie aus der folgenden Betrachtung ausfallen müssen oder können.

Die Lehre von den Speisen hat zunächst zu ermitteln, welche einfachen Nahrungsstoffe in den Speisen enthalten sind und in welchen Verbindungen und Aggregatzuständen sie daselbst vorkommen. Dieses aufzudecken ist die Aufgabe der chemischen Analyse, die sich dabei natürlich nicht darauf beschränken darf, den Gehalt der Speisen an C, H, N, O u. s. w. anzugeben.

Mit der noch so vollkommenen Einsicht in das chemische Verhalten ist aber noch nicht das physiologisch Wissenswürdige erschöpft, da die Nährhfähigkeit der Speisen auch noch abhängt von der Arbeit, welche der Darmkanal nöthig hat, um die Masseneinheit der Nahrung zu verdauen, oder von dem Antheile der genossenen Speisen, welcher während des Durchgangs durch den Darmkanal überhaupt aufgenommen wird. Allgemein lässt sich jedoch hierüber nichts sagen, da der Darmkanal bei verschiedenen Menschen und zu verschiedenen Zeiten seine besonderen noch nicht ergründeten Eigenthümlichkeiten bietet, vermöge deren er im Stande ist, in gegebener Zeit mehr oder weniger kräftig verdauende Wirkungen auszuüben, resp. die in der Speise enthaltenen Nahrungsstoffe mehr oder weniger vollständig auszuziehen. Im einzelnen Falle würde man über die Fähigkeit des Darmkanales, eine Speise auszunützen, abgesehen von dem Grade der Anstrengung, die hierzu nöthig ist, Aufschluss erhalten, wenn man jedesmal eine Probe der Speise und den nach ihrem Genuss aus dem After gestossenen Koth analysiren würde.

a. Das Fleisch, welches zur Nahrung verwendet wird, enthält: eiweisshaltige, leimgebende, elastische Stoffe, Fette, sämmtliche Salze des Menschenblutes, Wasser, und ausserdem die nur als Gewürze zu veranschlagenden krystallisirenden organischen Bestandtheile der Extractivstoffe. — Die Verhältnisse dieser Gemengtheile zu einander sind, die gleichen Thierarten vorausgesetzt, abhängig 1) von dem Körpertheile,

dem der Muskel entnommen wurde, indem damit der Durchmesser der Primitivschläuche und die Verbreitung der Bindegewebe in Verbindung steht; 2) von dem Grade der Mästung, welcher den Gehalt an Fett und an durchtränkender Flüssigkeiten bestimmt; 3) von der Anfüllung der Muskelgefässe mit Blut; 4) von dem Alter; Schlossberger*), dessen Angaben v. Bibra bestätigte, fand

	im Fleisch des Ochsen.	des Kalbes v. 12 Wochen.	des Kalbes v. 4 Wochen.
In kaltem und kochendem Wasser unlösl.	17,5	16,2	15,0
In kaltem lösl., in kochend. Wasser unlösl.	2,2	2,6	3,2
In kaltem und kochendem Wasser löslich (Salze, Extrakte)	2,8	3,0	2,2
Wasser	77,2	78,2	79,7

Das Kalbfleisch ist somit etwas reicher an Wasser und coagulirbarem Eiweiss als das des Ochsen und nach v. Bibra**) auch leimhaltiger. 5) Ueber die Zusammensetzung des gleichnamigen Muskels verschiedener Thiere, der mittelst des Scalpells möglichst von Fett und Bindegeweben befreit war, giebt folgende Tabelle Aufschluss***).

	Ochse.	Reh.	Schwein.	Huhn.	Karpfen.
In kaltem und kochendem Wasser unlöslich	15,8	16,8	16,8	16,4	12,0
In kaltem Wasser lösl., in kochendem unlösl.	2,2	1,9	2,4	3,9	5,2
In kochendem Wasser löslich	1,9	—	0,5	—	—
In kaltem und kochendem Wasser löslich	2,8	4,7	2,5	3,2	2,7
Wasser	77,1	74,9	78,3	77,3	80,1

Das Fett ist im Fleisch auf zweierlei Art vorhanden, mechanisch eingelagert als Fettgewebe in den Bindestoffen zwischen den Muskelröhren und nächstdem in chemischer Verbindung mit dem Muskelgewebe. Der Gehalt dieses letzteren scheint bei verschiedenen Thieren von wechselnder Grösse zu sein, denn v. Bibra fand nach möglichst vollkommner Abscheidung des beigemengten Fettes im trockenen Brustmuskel des Ochsen 21,8 pCt., des Kalbes 10,5 pCt., des Hammels 9,3 pCt., des Rehes 7,9 pCt., des Hasen 5,3 pCt. †). — Das beigemengte Fett ist bekanntlich nicht allein im Gesammtgewicht sehr wechselnd, sondern es ändert auch seine Zusammensetzung mit dem Thiere, indem das Fett des Schweines flüssiger (elainreicher), das der Wiederkäuer fester (stearin- und margarinreicher) ist.

Die Salze des Fleisches sind mannigfach, aber mit sehr ungleichwerthigen Methoden untersucht; Stölzel††), der nach Strecker's Anweisungen arbeitete, fand in 100 Theilen der Asche des Ochsenfleisches:

CO_2	8,92	PO_5	34,36	MgO	3,31
SiO_3	2,67	FeO_3	0,98	KaCl	10,22
SO_3	3,37	CaO	1,73	NaO	35,94

Der Gehalt des trockenen Fleisches an Asche scheint bei verschiedenen Warmblütern annähernd gleich zu sein, indem er nach v. Bibra beim Ochsen, Reh, Hasen, Huhn und der Ente zwischen 4,0 bis 5,5 pCt. schwankte.

---

*) Frerichs, Artikel Verdauung in Wagner's Handwörterbuch. II. Bd. p. 694.

**) Scherer, Jahresbericht über physiolog. Chemie für 1845. p. 132.

***) Weitere Zusammenstellungen siehe bei Moleschott, l. c. p. 208. 240. 263. u. f., wo sich das Fleisch der Amphibien, Mollusken, Insekten berücksichtiget findet.

†) Siehe hierüber auch Marchal, compt. rend. 34. Bd. p. 591.

††) Liebig's Annalen. 77. Bd. p. 256.

Wir geniessen das Fleisch roh (niedere Thiere), getrocknet, geräuchert, gesalzen, mit Essig ausgezogen, gekocht und gebraten. Rücksichtlich der Veränderungen, die bei diesen verschiedenen Bereitungsweisen mit dem Fleische vorgehen, befinden wir uns meist im Unklaren. Beim Erhitzen des Fleisches mit wenig Wasser (Braten und Dämpfen) wird das Eiweiss geronnen, einige eiweisshaltige Körper werden sauerstoffreicher, die Extraktivstoffe werden zersetzt, wobei sich die Inosinsäure in ein wohlriechendes Brenzprodukt umwandelt, das Bindegewebe wird zum Theil in Leim verwandelt, und Wasser verdunstet. — Beim Kochen in Wasser werden dem Fleische Eiweiss, Extrakte, Salze und insbesondere Chloralkalien und Wasser entzogen; dieses letztere geschieht darum, weil die Quellungsfähigkeit des Fleisches beim Kochen abnimmt. — Der wässerige Auszug, die Fleischbrühe, muss nach den Fleischsorten sehr veränderlich sein. Eine ungefähre Vorstellung von der Zusammensetzung der Fleischbrühe giebt ein Versuch von Chevreul, welcher 1 Pfd. Fleisch, das von anhangendem Fett und Knochen befreit war, in 3 Pfd. Wasser 5 Stunden lang unter Ersatz der verdunsteten Flüssigkeit sieden liess. Ausser dem beigemengten Fette enthielt diese Suppe in 100 Theilen: Wasser = 98,4; Leim, Eiweiss und Extractivstoffe = 1,3; Salze = 0,3. — Die Salze der Fleischbrühe, oder vielmehr die, welche man durch vollkommenes Erschöpfen des Fleisches mit Wasser erhält, sind von Keller*) bestimmt; in das Wasser waren 82 pCt. des gesammten Salzgehaltes vom Fleische übergegangen, welche in 100 Theilen bestanden aus:

PO_5	21,59	KaO	31,85	$2\,Fe_2O_3PO_5$	0,46
KaCl	14,81	$2\,CaO\,PO_5$	2,51		
$KaO\,SO_3$	6,42	$2\,MgO\,PO_5$	3,72		

Das rückständige Fleisch enthielt noch Verbindungen der PO_5 mit Alkalien und Erden aber keine Chlorsalze mehr. — Die Grenze, bis zu welcher überhaupt das Fleisch durch Wasser und insbesondere durch kaltes ausgelaugt werden kann, hat Liebig**) zu bestimmen versucht; er giebt an, dass man dem gehackten Ochsenfleische durch kaltes Wasser 6 pCt. feste Bestandtheile entziehen könne, von denen 3 pCt. gerinnbares Eiweiss sei, das bekanntlich aus der Suppe als Schaum entfernt wird. — Die Folgen des Einsalzens und Räucherns sind wenig bekannt. Eine Aschenanalyse des gesalzenen Ochsenfleisches und des rohen Schinkens giebt Thiel***). Siehe auch Liebig am angeführten Orte.

b. Der Inhalt des Hühnereies, das wir von den Eiern zumeist geniessen, besteht nach Prout†) im Mittel aus 67,6 pCt. Eiweiss und 32,4 pCt. Dotter, nach Prevost und Morin dagegen aus 62 pCt. Eiweiss und 38 pCt. Dotter. Das Eiweiss enthält ungefähr: Wasser = 85 pCt., Eiweiss = 12,5 pCt., feuerfeste Salze = 1,5 pCt. und Extrakte = 2,0 pCt. Die letzteren enthalten u. A. constant Milchzucker (Winkler und Budge††). In der Asche sind nach Weber†††), der das verbesserte Verfahren von H. Rose befolgte, enthalten:

---

*) Liebig's Annalen. 70. Bd. 91.

**) Liebig's Annalen. 62. Bd. 353. u. f.

***) Liebig's Annalen. 81. Bd.

†) Ph. Falk, Handbuch der Arzneimittellehre. 1848.

††) Liebig's Annalen. 64. Bd. 197. — Siehe auch Aldrige und Barresich im Giessener Jahrbuch. 1849.

†††) Poggendorf, Annalen. 79. Bd. 398.

NaCl	39,30	MgO	2,70	CO_2	9,67
KaO	27,66	Fe_2O_3	0,54	SiO_3	0,28
NaO	12,09	PO_5	3,16		
CaO	2,90	SO_3	1,70		

Das Eigelb besteht nach Gobley*) aus:

Wasser	51,48	Phosphoglycerinsäure	1,20	Extrakte	0,40
Vitellin **)	15,76	Cerebrin(säure?)	0,30	Farbstoff	
Margarin und Olein	21,31	AmCl	0,30	Eisen	0,55
Cholestearin	0,44	NaCl,KaCl, $KaOSO_3$	0,27	Milchsäure	
Oel und Magarinsäure	7,22	$3MgOPO_5$, $3CaOPO_5$	1,02	Milchsäure	

Eine vollständige Aschenanalyse theilt R. Weber mit:

NaCl	9,12	NaO	13,62	MgO	2,20	PO_5	60,16
KaO	10,90	CaO	13,62	Fe_2O_3	2,30	SiO_3	0,62

Die Eier geniessen wir meist gekocht; hierbei gerinnt das Eiweiss und Vitellin unter Abscheidung von etwas SH. In hartgesottenen Eiern fand H. Rose***) das Verhältniss des Eiweisses zum Dotter etwas anders, als es Prout, Prevost, und Morin im frischen Ei angeben haben, nämlich von 60,6 bis 58,3 : 39,4 bis 41,6.

c. Milch. Die Zusammensetzung derselben ist schon früher erwähnt. — Der aus ihr bereitete Käse (gesalzene und entwässerte Milch) dient, kleine Landstriche ausgenommen, nur als Gewürz. Ueber die Zusammensetzung desselben siehe Knapp†) und Moleschott.

d. Weizen††). Das Korn desselben besteht aus der Schaale, dem Kern (albumen) und dem kleinen Embryo. Die Schaale setzt sich zusammen aus der von mehreren Zellenlagen gebildeten Fruchthülle (a) und der von nur einer Zellenlage gebildeten Kernhaut (b). Der Kern (albumen) wird in seinem äussern Umfang dargestellt von einer Zellenlage (c), in welcher die miskroskopische Reaktion keine Stärke, wohl aber Eiweissstoffe und Fette nachweist, die übrige weitaus grösste Masse des Albumens (d) besteht aus Zellen, die vorwiegend mit Stärkekörnchen und daneben mit Kleberfäden gefüllt sind. Die Fig. 70, welche Donders entworfen, versinnlicht die Struktur. — Die chemische Zerlegung weisst im Weizenkorn nach: verschiedene Eiweisskörper. Eine Gruppe derselben ist unter dem Namen Kleber (Gluten) bekannt; sie ist in Wasser unlöslich; beim Behandeln mit Weingeist bleibt ein Theil derselben ungelöst (Fibrin oder Elastin) ein Theil löst sich nur in kochendem (Pflanzencasein), ein anderer auch in kaltem Alkohol (Pflanzenleim, Glutin). Eine andere Gruppe von Eiweisskörpern des Weizenkorns ist in kaltem Wasser löslich; ein Theil derselben gerinnt beim Kochen; sie führen den Namen Albumin und Cerealin; das letztere ist nach Meges-Mouries dadurch ausgezeichnet, dass es die Stärke in Dextrin, Zucker und Milchsäure umwandelt; der Rest des in kaltem Wasser löslichen Eiweissstoffes, der aus mehreren durch anderweite Reaktionen unterschiedbaren Modifikationen besteht (Oudemanns), gerinnt nicht in der Siedehitze. — Das Weizenkorn enthält ferner Gummi, Zucker, Dextrin(?), Amylon, Cellulose; von den beiden zuletzt genannten Stoffen kommt

*) Pharmazeut. Centralblatt. 1847. p. 584.

**) Das Vitellin besitzt nach Fremy die Zusammensetzung des Fibrins. Pharmazeut. Centralbl. 1854. p. 626.

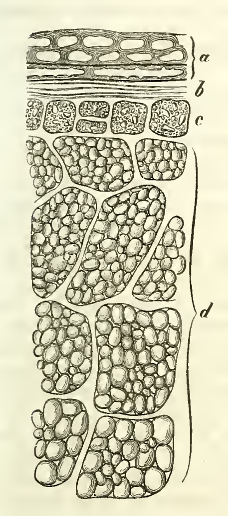
***) Poggendorf's Annalen. 76. Bd. 393.

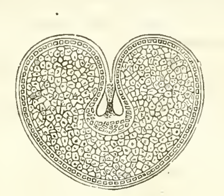
†) Knapp, die Nahrungsmittel. 1848. p. 39. —

††) Bibra, Die Getreidearten und das Brod. Nürnberg 1860. — Donders, Onderzoekingen gedan in het physiologisch laborat. 1848—1849. — Oudemanns, Archiv für holländ. Beiträge. I. 405. — Jessen, Poggendorf's Annalen. 106. Bd. 479.

die Cellulose nicht allein in den Schaalen und Zellenmembranen, sondern nach Naegeli und Maschke auch im Stärkekorn vor, wo sie von dem gleichfalls anwesenden Amylon durch die Reaktion gegen Jod unterschieden werden kann. Das Amylon desselben soll im Wasser löslich gemacht werden können, wenn man das Korn fein zer-

Fig. 70.





reibt (Jessen). Ferner enthält das Weizenkorn Fette, einen braunen Farbstoff, Kali, Natron, Talkerde, Eisenoxyd, PhO_5, SO_3,SiO_3,Cl (?). — Von den Salzen sind die phosphorsauren Erden mit Eiweisskörpern in Verbindung, und zwar so, dass jede besondere Art der genannten Körper auch einen ganz bestimmten Antheil der Erden zu enthalten scheint (Mayer); auch an das Gummi sind phosphorsaure Erden gebunden (Bibra). Die phosphorsauren Alkalien scheinen dagegen frei vorzukommen.

Ueber die Lagerung der chemischen Bestandtheile ist bekannt, dass die Schaalen aus Cellulose und Farbstoff bestehen, die äussersten Zellenlagen des Albumens enthalten die in Wasser löslichen Eiweissstoffe, Kleber und Fette, also auch viel phosphorsaure Erden; die übrigen Zellen des Kerns enthalten die Amylonkörnchen, Kleber, lösliches Eiweiss und phosphorsaure Alkalien.

Die mittlere quantitative Zusammensetzung des Weizenkorns wechselt mit der Fruchtsorte, dem Klima (so soll z. B. sibirischer Weizen reicher an Eiweisstoffen sein, als deutscher und dieser wieder daran reicher als ägyptischer und australischer); auch der Gehalt des Bodens an Dünger soll nicht ohne Einfluss sein. Kleine Körner sind wegen des grossen Schaalengehalts relativ reicher an Eiweiss als grössere u. s. w. — Das Verhältniss, in welchem die einzelnen Salze des Korns zu einander stehen, ist ganz unabhängig von den Verhältnissen der Salzmischung im Boden. Dies ist z. Th. begreiflich, weil die Menge des phosphorsauren Kalkes von der der Eiweisskörper abhängt; räthselhaft bleibt, dass selbst aus einem Boden, der reich an NaO und CaO ist, wenig von jenen Stoffen aufgenommen wird. Nach Peligot, Millon, Mayer, Oudemanns, Bibra u. A. schwankten in 100 Theilen des lufttrocknen Korns

das Wasser	zwischen	11,0	und	16,5	pCt.
der Stickstoff	„	1,4	und	3,8	„
also die Eiweisskörper zu 15,0 pCt. N	„	7,1	und	19,4	„

Gummi, Dextrin, Zucker:	zwischen	5,9	und	10,5	„
Amylon	„	55,1	und	67,1	„
Fett	„	1,0	und	1,9	„
Cellulose	„	1,5(?)	und	6,1	„
Asche	„	1,5	und	2,3	„

Die verschiedenen Eiweissstoffe können sich vertreten, so dass bei einem gleichen Gehalt an N bald mehr Kleber und bald mehr lösliches Eiweiss vorhanden ist (Millon Bibra).

In 30 verschiedenen Weizensorten, die Bibra untersuchte, fanden sich in 100 Th. Asche

Kali	zwischen	27	bis	38,3	pCt.	
Natron	„	0,7	bis	5,4	„	
MgO	„	7,8	bis	16,3	„	
CaO	„	1,1	bis	5,7	„	
PO_5	„	39,2	u.	51,4	„	
SiO_3	„	0,3	u.	1,3	„	
Fe_2O_3 SO_3	„	1,1	u.	0,3	„	etc.

Mit diesen Angaben stimmen diejenigen aller übrigen Beobachter; namentlich was den überwiegenden Gehalt der Asche an Kali, Talkerde und PO_5 betrifft.

Aus dem Weizen stellt man Kleie, schwarzes, mittleres und feines Mehl dar. Das letztere, welches aus den innern Theilen des Kerns gewonnen wird, ist frei von Schaalen und Farbstoff, es enthält weniger N, also auch weniger Eiweisskörper und PhO_5 als das dunklere Mehl, welches vorzugsweise oder wenigstens zum Theil aus der Zellenschicht gemahlen wird, welche der Kernhaut unmittelbar anliegt. Die Kleien endlich enthalten neben vielen Holzfasern aus der Fruchthülle und Schaalenhaut auch noch einen grossen Antheil des Inhalts der eiweissführenden Zellen, die unmittelbar der Schaalenhaut anliegen. Sie ist also relativ sehr N-reich an Eiweiss und phosphorsauren Erden. Als Proben für die Unterschiede der verschiedenen Mahlprodukte mögen folgende Zahlen gelten. Die unter demselben Beobachter aufgeführten Zahlen beziehen sich auf dieselben Fruchtsorten.

Bibra.		
	Kaisermehl.	Schwarzmehl.
Wasser	15,5	14,2
Eiweissstoff	11,1	13,2
Zucker	2,3	2,3
Gummi	6,2	6,5
Fett	1,0	1,2
Stärke	63,6	61,8

Mayer.			
	Feinstes Mehl.	Grobes Mehl.	Kleien.
Eiweissstoff	13,0	14,3	27,9
PhO_5	0,2	0,5	0,8

Nach Oudemanns, der zur Cellulosebestimmung ein verbessertes Verfahren anwendet, enthalten die Kleien 25 bis 30 pCt. Cellulose und 4 bis 6 pCt. Asche.

Bibra.

In 100 Theilen Asche sind enthalten

	Kaisermehl.	Kleien.
KO	36,0	0,24
NaO	0,9	0,6
MgO	8,2	16,8

CaO	2,8	4,6
PO_5	52,0	51,8
SiO_3	0,0	1,1
Fe_2O_3 / SO_3	0,0	1,0

e. Roggen. Der Unterschied zwischen dem Mehle dieser Fruchtart und dem des Weizens liegt vorzugsweise darin, dass unter den eiweisshaltigen Bestandtheilen weniger Pflanzenfibrin und statt dessen mehr Pflanzenleim und Eiweiss vorkommt, was vielleicht schon durch das kleinere Korn des Roggens bedingt ist; es soll ausserdem einen besonderen gewürzhaft schmeckenden Stoff(?) enthalten und gewöhnlich auch mehr Cellulose als das Weizenmehl, wahrscheinlich, weil es weniger sorgsam dargestellt wird. Sonst gilt Alles, was von dem Mehl und der Kleie des Weizens ausgesagt wurde auch vom Roggen.

f. Gerste, Hafer und Buchweizen liefern ebenfalls ein Mehl, das in dem Gehalte seiner wesentlichen Bestandtheile von dem des Weizens nicht merklich abweicht; Hafer und Gerste enthalten mehr Holzbestandtheile als die übrigen Fruchtarten. (Fehling und Faist). Der Zucker der Gerste dreht die Polarisationsebene nicht.

g. Das Maismehl unterscheidet sich durch einen Gehalt von 3 bis 9 pCt. an fettartigen Stoffen (ein gelbes dickflüssiges Oel). Sein Ngehalt erreicht den des Weizens nicht.

h. Der Reis endlich ist nahebei um die Hälfte ärmer an Eiweissstoffen und Asche, als der Weizen und um so viel reicher an Amylon.

Das Mehl aller dieser Körnerfrüchte geniessen wir, nachdem es geröstet oder mit kochendem Wasser behandelt wird. Hierdurch verändern sich die Bestandtheile, indem namentlich das Eiweiss gerinnt, während die Stärkekörner sich mehr oder weniger in Dextrin auflösen. Werden nämlich die letzteren im lufttrockenen Zustand bei einer Temperatur, die zwischen 190 und 200° C. liegt, geröstet, so verwandelt sich zuerst das Schichtencentrum, das sogenannte Korn des Stärkekörnchens in Dextrin, dann folgen in dieser Veränderung einzelne zerstreute Stellen nach, so dass das Korn ein netzförmiges Ansehen gewinnt; es scheint sich jedoch niemals das ganze Korn in Dextrin umzuwandeln. Werden dagegen die Stärkekörnchen im Wasser erwärmt, so beginnen sie bei einer Temperatur von 55 bis 60° C. aufzuquellen und im Centrum derselben bildet sich ebenfalls eine mit Dextrinlösung gefüllte Höhle. Steigt die Wärme höher, etwa auf 70°, so greift die Dextrinbildung weiter um sich, so dass die Körperchen öfter platzen (Naegeli*). Mit Rücksicht auf die Quellungsfähigkeit verhält sich die Stärke verschiedener Sorten sehr abweichend.

Eine sehr verbreitete Anwendung findet das Mehl des Weizens und Roggens als Brod. Dieses wird im Allgemeinen so dargestellt, dass man das Mehl mit kochsalzhaltigem Wasser zu einem Teig anknetet, dann den letztern durch sehr fein vertheilte CO_2 aufbläht und ihn einer Temperatur, die sich bis auf 250° C. erheben darf, einige Zeit hindurch aussetzt. Das Einbringen des auftreibenden Gases geschah früher ausnahmslos dadurch, dass man zum Teig gewöhnliche Hefenpilze mischte und ihn dann der Gährung einige Zeit hindurch überliess, in welcher der Zucker des Mehls in Alkohol und CO_2 überging, welche beim spätern Verbacken des Brodes verdunstete. Dieses Verfahren führt also jedesmal zu einem Verlust an nährenden Stoffen, es kann aber, wenn nicht besondere Maassregeln in Anwendung kommen, auch noch weiter

*) Die Stärkekörner. p. 92 u. f.

schädlich werden. Wenn nämlich die Gährung bei hoher Temperatur (über 20° C.) vor sich geht, oder wenn schwarzes Mehl angewendet wird, welches die Eiweisskörper der äussersten Lage des Kerns (Albumens) enthält, so findet sich vermöge der fermentirenden Eigenschaften des Cerealins neben der alkoholischen auch noch eine milch- oder buttersaure u. s. w. Gährung ein, und zugleich wird der Kleber angegriffen und der Farbstoff, der aus der Rinde stammt, zerlegt. Wenn man also nicht auf die besonders nahrhaften Bestandtheile der Kernrinde verzichten will, muss man das Cerealin unwirksam zu machen suchen. Hierzu hat Meges-Mouries*) Mittel angegeben, die nach dem Urtheil der Sachverständigen zu dem Ziel führen, selbst aus grobem Mehl ein lockeres, weisses, nicht saures Brod zu gewinnen. Wenn man das Brod fabriksmässig darstellt, so kann man auch die Gährung ganz umgehen, dadurch nämlich, dass man den Teig zuerst mit einer Lösung von NaO_2CO_2 anmacht und dann mit salzsäurehaltigem Wasser durchknetet, wobei man darauf das Natron und die Salzsäure in äquivalenten und noch dazu in solchen Mengen zu nehmen hat, dass das aus der Verbindung hervorgehende $NaCl$ gerade dem sonst nöthigen Zusatz dieses Salzes gleichkommt. Oder man hat in hermetisch geschlossenen Gefässen den Teig mit Wasser durchgeknetet, welches unter hohen Drücken mit CO_2 geschwängert war (Dauglish**). Aus dem Teige formt man dann beliebige Stücke, die man in einem Backofen einer Temperatur aussetzt, welche die oberflächlichen Theile (Kruste) auf 200 bis 250° C., die inneren (Krume) auf 100° C. erhitzt. Hierbei tritt ausser den oben angegebenen Veränderungen auch noch die ein, dass in der Rinde das Amylon in brenzliche Produkte, namentlich in Pyrodextrin, das ist in eine schwarze elastische Masse ($C_{48}H_{36}O_{35}$; HO) übergeht (Gélis)***), während in der Krume das Amylon und die Eiweissstoffe in allotrope Modificationen übergeführt werden, die aber nur solange bestehen, als das Brod den Charakter besitzt, den man als frischbacken bezeichnet. Liegt dasselbe einige Tage, so verschwindet dieser besondere Zustand wieder; man kann ihn durch abermaliges Erhitzen jedoch von Neuem herbei führen (Boussingault)†). Analysen des Brodes siehe bei Oppel††) und Bibra.

i. Hülsenfrüchte. Die reifen Erbsen und Bohnen enthalten dieselben Atomgruppen, wie die Körnerfrüchte. — Unter den Eiweissstoffen erscheint neben den früheren noch ein eigenthümlicher, das Legumin oder Pflanzencasein. In der quantitativen Zusammensetzung unterscheiden sie sich von den Körnerfrüchten dadurch, dass die Eiweissstoffe im Verhäliniss zum Amylon beträchtlich gesteigert erscheinen. Eine Vorstellung hiervon soll die folgende Analyse von trockenen Erbsen geben: Eiweissstoffe = 28,0, Stärke und Gummi = 57,3, Asche = 3,8, Hülsen = 7,6 (Horsford). — Die Asche der Bohnen und insbesondere der Erbsen ist sehr häufig untersucht worden im Auftrage deutscher und englischer Ackerbaugesellschaften; das übereinstimmende Resultat derselben ist, dass sie vorzugsweise aus Kali und Phosphorsäure, dann aus Kalk, Magnesia und Kochsalz und endlich aus geringen Mengen von Eisenoxyd und Kieselerde besteht†††).

Bei der Zubereitung in der Küche dürfte vor Allem Gewicht darauf zu legen sein, dass das feste Gefüge der Früchte zertrümmert werde, und dass beim Kochen in

---

*) Compt. rend. 46. Bd. 126.

**) Chem. Centralblatt. 1860. 220.

***) Compt. rend. 45. Bd. 590. und 988.

†) Annales de chimie et physique. 36. Bd. (1852) 490.

††) Giessener Jahresbericht für 1851. 715.

†††) Giessener Jahresbericht. 1849. 667 u. f.

Wasser keine schwer löslichen Eiweissverbindungrn entstehen, wie dieses u. A. geschieht, wenn das Kochwasser kalkhaltig ist.

k. Kartoffeln. Der von der Schaale umschlossene Raum ist gefüllt mit Eiweiss, Stärkemehl, einer besonderen Art von Cellulose, welche in kochendem Wasser zu einer Gallerte aufquillt und sich in verdünnter Schwefelsäure zu Gummi und Zucker umsetzt; mit verseifbarem Fette (Solaninstearinsäure $C_{30}H_{30}O_4$ und ein flüssiges Oel von unbekannter Zusammensetzung); mit einem wachsähnlichen, nicht verseifbaren, bei 270° noch festen Stoffe (Eichhorn)*); Asparagin, Aepfelsäure, mit den Salzen der Körnerfrüchte und Wasser. Diese chemischen Bestandtheile vertheilen sich auf die anatomischen Gebilde in der Art, dass die Stärke (und ihre nächsten Verwandten) in den Zellen, deren Wände aus der eigenthümlichen Holzsubstanz bestehen, eingeschlossen sind; in der Flüssigkeit, welche diese festen Stoffe durchtränkt, sind das Eiweiss, das Fett, das Asparagin, die Salze der Aepfelsäure und zum grossen Theile die der Phosphor- und Salzsäure aufgelöst.

Die quantitative Zusammensetzung des Kartoffelmarkes ist sehr variabel gefunden worden; sein Wasser schwankt zwischen 82 und 77 pCt., das Stärkemehl zwischen 11 und 24 pCt., Eiweiss und Asparagin um 2 pCt., Fette um 0,05 pCt., Holzstoffe gegen 3 bis 4 pCt. und die Asche um 1 bis 2 pCt. Diese letztere ist vorzugsweise reich an Kali, auf dieses folgt die CO_2, dann erst Phosphorsäure, Natron, Magnesia, Kalk, Kieselsäure und Eisenoxyd (Way nnd Ogstone, Walz). Das Verhältniss der Salze zu einander ist mit der Sorte verschieden. Beim Kochen gerinnt das Eiweiss, die Zellenhüllen werden lockerer, jedoch nicht aufgelöst, und innerhalb derselben quillt das Stärkemehl auf. — Während der Aufbewahrung soll sich der Stärkegehalt ändern, so dass er nach der Ernte bis gegen den März hin zu-, und von da an wieder abnimmt(?).

l. Die Baumfrüchte (Birnen, Aepfel, Pflaumen etc.) und die Gemüse (Rüben, Kohlrabi etc.), Nahrungsmittel von theilweise untergeordnetem Werthe, enthalten neben den Nahrungsstoffen, die in den bisher behandelten Speisen vorkamen, noch Pektin (Pflanzenschleim) = $C_{12}H_{10}O_{10}$ (Frémy), das sich durch seine physikalischen Eigenschaften vor den übrigen Kohlenhydraten wesentlich auszeichnet; es kann jedoch in Dextrin und Zucker umgewandelt werden. Nächstdem ist der Reichthum der jungen Gemüseblätter an leichtlöslichem Kalisalze zu erwähnen. Ueber das Weitere der genossenen Arten und ihre Zusammensetzung sind die angezogenen Werke von Moleschott, Boussingault und die Giessener Jahresberichte um Rath zu fragen.

m. Trinkwasser. Das reine Wasser der Quellen oder das gereinigte der Flüsse enthält Luftarten (Kohlensäure, Sauerstoff, Stickgas) und je nach den Gebirgsarten, die es durchströmt, Kohlensäure, Schwefelsäure, Salzsäure mit Kalk, Magnesia und Natron verbunden aufgelöst. — Der Gehalt an Salzen bestimmt den Charakter des Wassers, das man gemeinhin weich nennt, wenn es wenig Kalksalze enthält, während das mit diesen letzteren beladene hart genannt wird. Der Gesammtgehalt des Wassers an Salzen darf, wenn uns dasselbe noch zum gewöhnlichen Gebrauche dienen soll, den Werth von einigen Hunderttheilen eines Prozentes nicht übersteigen. Organische Beimengungen zum Wasser werden immer als Verunreinigungen empfunden.

Das gekochte Wasser nimmt einen faden Geschmack an, theils weil dadurch aus ihm die Gase, theils weil Salze, insbesondere kohlensaure Kalksalze, entfernt werden.

---

*) Poggendorf's. Annalen. 87. Bd. 227. — Bibra. Die Getreidearten und das Brod. Nürnberg. 1860.

5. Nahrungsaequivalente*). Diesem Begriffe hat man zwei Bedeutungen beigelegt. a. Gewöhnlich versteht man darunter das Gewichtsverhältniss, in welchem zwei bestimmte Speisen verabreicht werden müssen, wenn durch jede derselben die gleiche Menge eines und desselben einfachen Stoffes eingeführt werden soll. Die Frage ist an einem Beispiel erläutert also die: Wie viel Brod muss genossen werden, damit durch dasselbe gerade so viel Eiweiss in den Magen kommt, als in der Gewichtseinheit Fleisch verzehrt wird? Darauf antwortet eine gewöhnliche Proportionsrechnung, wenn die quantitative Zusammensetzung der betreffenden Nahrungsmittel bekannt ist. Der grösseren Bequemlichkeit halber haben Liebig und Boussingault für die Speisen mit bekannter Zusammensetzung Tafeln berechnet.

b. Ganz anders gestaltet sich die Sache, wenn man vom physiologischen Gesichtspunkte ausgehend, die Frage erhebt: in welchem Verhältnisse müssen zwei verschiedene Speisen genossen werden, wenn durch sie dieselben Leistungen innerhalb des thierischen Körpers erreicht werden sollen? Da die allgemeinsten Aufgaben der Nahrungsmittel darin bestehen, dass sie entweder Wärme erzeugen oder mechanische (Muskel-) Kraft hervorbringen oder endlich den Wiederersatz oder die Neubildung von Geweben und Säften (Wachsthum, Mästung) bedingen sollen, so würde zuerst die Frage zu erledigen sein, ob in der That ein und dasselbe Nahrungsmittel befähigt wäre, diesen verschiedenen Anforderungen zu genügen. Wäre nämlich, wie man zuweilen ausgesprochen, ein jedes einfache Nahrungsmittel nur zu einem dieser Zwecke dienlich, so würde es natürlich in dem oben bezeichneten Sinne keine Aequivalente geben, sondern es müsste entsprechend dem Verbrauche an Wärme, an Muskelanstrengung und an Gewebsmassen jedesmal nur ein ganz bestimmtes Nahrungsmittel genossen werden. Mit einem Worte, die Nahrungsmittel würden zu zerfällen sein in Wärme erzeugende oder respiratorische, in kraftentwickelnde und in gewebsbildende oder plastische.

Da die unorganischen Nahrungsmittel ohne Ausnahme schon oxydirt genossen werden, so können sie keinen Beitrag zur Wärmebildung liefern; im Gegensatze hierzu verlassen alle organischen Atome der Nahrung den thierischen Körper in höher oxydirtem

*) Frerichs, Handwörterbuch der Physiologie. III. 1. Abth. 731. — Boussingault, Die Landwirthschaft II. Thl. 235. u. f. — Lehmann, Physiologische Chemie. III. Bd. Ernährung.

Zustande, als sie in ihn eingetreten sind; die letzteren können also sämmtlich zur Wärmeerzeugung verwendet werden, und es muss diese Verwendung eintreten, insofern die bei ihrer Oxydation frei gemachten Kräfte nicht dazu benutzt werden, um Arbeiten jenseits der Grenzen des thierischen Körpers zu verrichten. Dieses ist auch niemals bestritten worden. Wenn man nun trotzdem gewisse Nahrungsmittel, wie namentlich Fette und Kohlenhydrate vorzugsweise wärmebildende nennt, so müssen dafür besondere Gründe vorliegen. Zu ihnen zählt man, dass viele Menschen für gewöhnlich viel Amylon und wenig Eiweiss geniessen, wesshalb sie nothwendiger Weise auch den grössten Theil ihrer Wärme aus dem Amylon nehmen müssen. Da sich der Mensch aber auch bei dem umgekehrten Verhältniss der Bestandtheile und seiner Kost wohlbefindet, so begründet das eben genannte Factum auch keinen wesentlichen Unterschied. — Man stellte auch darum Fette und Kohlenhydrate als Respirationsmittel dem Eiweiss gegenüber, weil man meinte, die Oxydation der ersteren gehe einfacher, gleichsam mit geringerem Zuthun des Organismus vor sich. So hob man hervor, dass die Atomcomplexe, in welche das Eiweiss und seine Verwandten zerlegt sein müssen, bevor sie verbrannt werden können, nur von den Muskeln, Bindegewebsfasern, Zellen u. s. w. dargestellt würden, also mussten die Eiweissstoffe, bevor sie in die Oxydation eingingen, erst flüssige oder feste Bestandtheile jener Gebilde gewesen sein. Angenommen, alles dieses sei richtig, so würde daraus noch nichts für die Fette und den Zucker folgen. Denn auch sie werden unbestritten durch eigenthümliche Wirkungen des Organismus oxydirt. In Wahrheit sind aber die Mittel und Wege der Zersetzung für Eiweiss, Fette und Kohlenhydrate so gut, wie unbekannt, so dass man auf sie auch keine Unterscheidungen gründen kann. Keinesfalls ist zur Zersetzung der Eiweisskörper, wie man früher glaubte, eine Muskelanstrengung nöthig, da Thiere, welche in relativ sehr ruhiger Haltung, in Kästen eingesperrt, Tage lang verharren, dennoch ungemein viel Fleisch täglich in Harnstoff umarbeiten können (Frerichs, Schmidt, Bischoff). Namentlich haben die wichtigen Arbeiten des letztern Physiologen, die er theils allein, theils in Verbindung mit Voit ausgeführt hat, dargethan, dass der Hund sehr grosse Mengen von Amylon und Fleisch gleich leicht und ohne merkliche Aenderung seines Befindens umsetzt. Somit liegt physiologischer Seits auch gar kein Grund vor, die Umsetzung beider Stoffarten für prinzipiell verschieden zu halten.

Daraus folgt, dass rücksichtlich der Wärmebildung Aequivalente der Nahrungsstoffe hinzustellen wären, ein Unternehmen, das keine Schwierigkeit hat, sowie man erst einmal die latente Wärme der betreffenden Atome kennen wird. Die schon erwähnte Erfahrung, dass wir je nach dem Reichthum unserer Nahrung an Eiweiss auf dieselbe CO_2-Menge viel oder wenig Harnstoff bilden, ohne dass wir dabei unsere Temperatur ändern, spricht auch entschieden für eine solche Vertretung bei der Wärmebildung. Aber gerade diese Erfahrung beweist auch, dass die Vertretung keine vollständige werden kann, da niemals weder die Umsetzung der stickstofffreien noch die der sticksoffhaltigen Nahrungsmittel allein vor sich geht. Es scheint im Mechanismus der Zersetzung des thierischen Körpers zu liegen, dass beide Stoffreihen gleichzeitig, wenn auch in ungleicher Ausdehnung in die Zersetzung eintreten.

Zur Erzeugung der Nerven und Muskelkräfte sind unzweifelhaft die Eiweisskörper dienlich und wahrscheinlich auch unumgänglich nothwendig, denn einmal sind diese Organe unter allen Umständen sehr reich an diesen Stoffen, dann findet man in den Säften dieser Organe, namentlich in den Muskeln, um so mehr Zersetzungsprodukte der Eiweisskörper, je angestrengter sie gearbeitet haben, und endlich soll, gleiche Ausbildung der Muskelmasse vorausgesetzt, ein und derselbe Mensch um so arbeitsfähiger sein, je beträchtlicher der Fleischantheil seiner Nahrung ist. Diese Thatsachen schliessen es aber natürlich nicht aus, dass sich nicht auch die Fette und Kohlenhydrate an der Erzeugung von Muskelkräften betheiligen könnten, hierfür sprechen im Gegentheil die reichlichen Mengen von Fett in den Nerven und ferner die bedeutenden Muskelanstrengungen, welche Menschen leisten, die sich vorzugsweise von den eiweissarmen Kartoffeln und Brod nähren und endlich die Erfahrungen, dass man nach Muskelanstrengungen eine bedeutende Vermehrung der Ausscheidung von CO_2 und eine nur so geringe von Harnstoff eintreten sah; wäre in der That die Muskelkraft allein auf Kosten des Eiweisses entwickelt worden, so müssten wenigstens der Harnstoff und die CO_2 proportional vermehrt gewesen sein. Bei diesem Stande der Sache ist es jedenfalls besser, unentschieden zu lassen, ob die Nahrungsstoffe sich behufs der Entwickelung von mechanischen Kräften vertreten können.

Ein jedes Gewebe bedarf, da es eine bestimmte chemische Zusammensetzung besitzt, auch bestimmter Stoffe zu seinem Aufbau. Die verschiedenen zu einem Gewebe nöthigen Bestandtheile

müssen also beschafft werden; wenn demnach die Nahrung zum Ersatz zerstörter oder zur neuen Herstellung von Geweben benutzt werden soll, so können sich die einzelnen Nahrungsstoffe nicht vertreten. Dieses würde nur dann möglich sein, entweder wenn in einem Gewebe verschiedene unter sich sehr ähnliche Stoffe zu demselben Zwecke verwendbar wären, wie z. B. in den Knochen phosphorsaure und kohlensaure Magnesia statt derselben Verbindungen der Kalkerde, oder wenn ein Stoff bei seinen Zersetzungen im Thierkörper zu einem Atomcomplexe führte, welcher identisch wäre mit einem anderen in der Nahrung geradezu aufgenommenen. Insofern könnte also Amylon, das sich, theilweise wenigstens, in Fett verwandeln soll, bei der Ernährung des Hirns, des Fettgewebes u. s. w., oder es könnte Leim statt des Eiweisses zur Ernährung des Bindegewebes und der Knochen verwendet werden. Diese Vertretung, wenn sie überhaupt besteht, würde aber jedenfalls eine sehr beschränkte sein. Unter allen Umständen ist es aber verwerflich, geradezu ein einfaches Nahrungsmittel, z. B. Eiweiss, das plastische oder auch nur das vorzugsweise plastische zu nennen, da in jedem Fall auch andere Atomgruppen zum Entstehen und zum Bestand der meisten Gewebe nothwendig sind. Wäre ausser den bekannten chemischen Zusammensetzungen der Gewebe noch ein weiterer Beweis nothwendig, so könnte er leicht aus den Fütterungsversuchen von Boussingault, vorzugsweise aus denen von Bischoff geführt werden. Aus diesen geht hervor, dass eine Nahrung, die vorzugsweise aus Eiweissstoffen und in geringer Menge aus Amylon oder Fett besteht, viel weniger mästet, als eine solche bei welcher man das Fleisch minderte und statt dessen das Amylon oder Fett mehrte.

C. Verdauung der Speisen.

Die Speisen müssen, bevor aus ihnen Blut entstehen kann, chemische und physikalische Umwandelungen erfahren. Diese gehen in mehreren räumlich und funktionell von einander geschiedenen Behältern vor sich, nämlich in der Mund- und Rachenhöhle, dem Magen, dem Dünn- und Dickdarme. Ein jeder derselben liefert einen Beitrag zur Verdauung durch hemmende oder beschleunigenden Bewegungswerkzeuge, durch Drüsen, durch die Eigenschaften der Häute, welche Darm- und Gefässhöhlen trennen und endlich durch die allen gemeinsame Wärme.

Mechanische Arbeit der Verdauungswerkzeuge.

1. Mund und Schlund.

Lippen, Wangen und Kiefer sind, soweit sie nicht schon besprochen, in ihren Leistungen Jedermann bekannt.

Die Zunge. Ihre Wurzel ist auf bekannte Weise durch Muskeln und Bänder an den Stylfortsatz, den Kiefer und das Zungenbein geheftet, sie folgt darum auch den Bewegungen der beiden letzteren und insbesondere denen des Zungenbeins. — Das Zungenbein kann vermöge seiner Befestigung an dem Kehlkopfe eine allgemeine Ortsveränderung erfahren, oder es kann sich auch nach Spannung der Bänder um diese letztern drehen; so können sich namentlich die Hörner um den durch das lig. hyothyreoideum medium festgestellten Körper, oder dieser letztere um die durch die ligamenta lateralia fixirten Hörner erheben oder senken. Gehoben wird das Zungenbein durch die Verkürzung der mm. stylohyoidei (und hyopharyngei?), gesenkt durch die sterno-, thyreo- und omohyoidei. Die Unterschiede dieser drei Muskelwirkungen liegen darin, dass der m. omohyoideus nach unten und hinten, der sternohyoideus nach unten und vorn Kehlkopf und Zungenbein zugleich ziehen, während der m. thyreohyoideus den Abstand beider bestimmt. Die Mm. mylo- und geniohyoideus und digastricus anter. ziehen das Zungenbein nach vorn, wobei der erstere noch die Zunge gegen den harten Gaumen hin hebt, indem er den nach unten bauchig herabhängenden Kehlraum abflacht. — Alle Bewegungen, welche von den Muskeln der Wurzel oder des Beines der Zunge ausgeführt werden, übertragen sich auf Zunge und Zungenbein zugleich; eine Ausnahme hiervon dürfte nur dem Hyoglossus zustehen.

Das freie Blatt der Zunge*), das seine Gestalt selbstständig verändern kann, ist von Muskeln durchzogen, welche etweder parallel der Längsachse, (mm. hyoglossi, longitudinalis inferior und superior, styloglossi), oder von der unteren zur obern Fläche (mm. genioglossi) und von einem zum andern Rand (m. transversus linguae) laufen. Die verschieden gerichteten Züge verflechten sich in der Zunge innig, und so können sie nicht allein die letztere verschmälern (und dabei strecken und verdicken), abplatten (und dabei verlängern und verbreitern), sondern auch krümmen.

Die Nerven aller dieser Muskeln sind in vier verschiedenen Stämmen enthalten. N. trigeminus versorgt den m. mylohyoideus

*) Kölliker, Mikroskop. Anatomie. II. Bd. I. Abthl. p. 12.

und digastricus anterior, n. facialis den stylohyoideus und nn. hypoglossus und cervicalis II die übrigen Muskeln. Die Folgen dieser Anordnung für die Verknüpfung der Bewegungen sind unbekannt. — Die willkürliche Erregung gebietet unbeschränkt über die Nerven des stylo-, genio- und hyoglossus, omo-, sterno-, stylothyreo- und geniohyoidei, longitudinales et transversi linguae, indem ebensowohl ein- als zweiseitig die Zunge nach vorn, nach hinten, oben und unten bewegt werden kann. Beschränkt ist aber die Willkür, dem m. mylohyoideus gegenüber, insofern, als er jedesmal nur beiderseitig zusammenziehbar ist; der hyothyreoideus endlich zieht sich für gewöhnlich nur gleichzeitig mit den Spannmuskeln der Stimmbänder und den Gaumen- und Schlundschnürern zusammen.

Ueber die Zungenmuskeln, im engeren Wortsinn, ist eine derbe Bindegewebshülle gezogen, in welche an vielen Orten die Muskeln eingehen; sie ist mit einem hornigen Ueberzuge bekleidet, der sich auf dem Rücken in zahlreiche feine Fortsätze (papillae filiformes) erhebt. Der Ueberzug macht die Zunge rauh und, wo er dick ist, auch die darunter liegenden weichen Gewebe weniger angreifbar. — Da aber die Hornschicht auf den pap. fungiformes nur dünn ist und zugleich die Zungenschleimhaut reichliche Vertheilungen des n. lingualis besitzt, so geht aus allem Diesen hervor, dass die Zunge als Schaufel und Tastwerkzeug sehr brauchbar ist.

Der Kehldeckel ist ein elastisches Knorpelplättchen, das sich an das Zungenbein und die Spannknorpel des Kehlkopfes (cart. thyreoid.) mittelst elastischer Bänder anheftet, welche ihm, wenn er sich selbst überlassen bleibt, eine solche Stellung zu der Zungenwurzel sichern, dass ihn ein Flüssigkeitsstrom in der Richtung vom Schlund zur Speiseröhre gegen den Kehlkopf umklappt. In dieser niedergedrückten Lage deckt er die Stimmritze aber nur dann, wenn der Kehlkopf dem Zungenbeine durch die Verkürzung des m. thyreohyoideus genähert ist.

Der weiche Gaumen*). Seine bogenförmigen freien Ränder, von denen einer zum Rande der Zungenwurzel und ein anderer zu den Seitentheilen des Schlundkopfes läuft, schliessen bekanntlich die mm. palatoglossus und palatopharyngeus ein. Die Zusammenziehung des ersteren flacht den vorderen Bogen um ein Weniges ab, wobei der Gaumenvorhang, soweit es seine Nachgiebigkeit er-

*) Tourtoual, Ueber den Bau des menschl. Schlund- und Kehlkopfes. Leipzig 1848.

laubt, heruntertritt; auf eine andere Weise kann dem Verkürzungsbestreben kein Genüge geleistet werden, da die in die Zungenränder eingehenden unteren Enden sich einander weder nähern, noch auch die Zunge heben können. Bei der Zusammenziehung des an und für sich schon engeren m. palatopharyngeus treten dagegen die freien Ränder des hinteren Gaumenbogens zur Bildung einer Spalte (Dzondi) von dreiseitiger Form zusammen, deren Basis nach der Schlundwand hin gelegen ist (Tourtual). — In dem Theile des Segels, der von der Spitze des Bogens bis zum harten Gaumen sich erstreckt, münden die levatores palati posteriores (circumflexus palati) und anteriores, die tensores palati und die levatores uvulae (azygos). Die vier Gaumenheber suchen, wenn sie kurz werden, das Segel, und insbesondere den an die Knochen grenzenden Theil in eine Flucht mit dem harten Gaumen zu heben. M. azygos zieht bei seiner Verkürzung die gesenkten Bogenspitzen sammt dem Zäpfchen empor, und im gleichen Falle zerrt der tensor die genäherten Bogenränder auseinander (?).

Diese Annahmen gründen sich theils auf Ableitungen aus dem Muskelverlauf, theils auf direkte Beobachtung des lebenden Menschen, die entweder wie gewöhnlich von der Mundhöhle aus geschieht, oder, wie in seltenen Fällen möglich war, von der Nasenhöhle aus (Dzondi, Bidder)*) nach Zerstörung des Oberkiefers oder von den unteren Stücken der Rachenhöhle nach Verletzungen im Seitentheile des Schlundes über dem Zungenbeine (Kobelt).

Die Nerven dieser Muskeln stammen aus sehr verschiedenen Quellen; m. palatoglossus erhält sie aus dem n. vagus; m. levator palati mollis posterior wird zugleich versorgt durch Fäden, die in den nn. facialis, glossopharyngeus, vagus und accessorius aus dem Hirne treten; m. tensor palati empfängt seine Nerven aus den nn. trigeminus, glossopharyngeus, vagus und accessorius; m. azygos aus den nn. vagus, accessorius und glossopharyngeus. — Die Nerven des arc. glossopalatinus sind nicht ermittelt, da der Muskel den meisten Säugethieren fehlt; auf den m. levator anterior hat man noch keine Rücksicht genommen.

Die aufgezählten Muskeln sind, wenn überhaupt, der Willkühr nur in beschränkter Weise unterthan, indem niemals die Bewegung des Gaumens nur auf einer Seite ausgeführt werden kann. Unter die in diesem Sinne willkürlich beweglichen Muskeln gehören unzweifelhaft mm. levatores palati und uvulae. — Reflectorisch erregbar

*) Dzondi, Die Funktionen des weichen Gaumens. Halle 1831. — Bidder, Beobachtungen über die Bewegungen des weichen Gaumens. 1858. — Kobelt, Froriep's Notizen. 1840.

sind die Gaumenschnürer, und zwar von den empfindenden Nerven aus, die sich auf der Zungenwurzel, der hinteren Fläche des Gaumensegels und in der Schleimhaut über den mittleren Schlundschnürern verbreiten.

Schlundkopf. Die Faserung der Schnürer geht zum Theil spiralig vom Kehlkopf und Zungenbein zur entgegengesetzten Kopfhälfte; die Züge der beiden Seiten verflechten sich in der hinteren Mittellinie des Schlundes; zum Theil (im pterygo-, bucco- und keratopharyngeus) läuft sie quer von einer Seite zur anderen. Diese Streifungen müssen die unteren Partien heben und seitlich zusammenpressen: an den Orten, wo die hintere Schlundwand locker an die Wirbelsäule geheftet ist, können die Schnürer sie auch gegen die Mundhöhle hin bewegen; die von der cart. thyreoid. entspringenden Fasern sind auch vermögend, die Platten des genannten Knorpels gegeneinander zu beugen. — Der m. stylopharyngeus wird seinem Verlaufe gemäss die seitlichen Partien der Schlundwand heben und auseinander ziehen, d. h. die Falten, die sich auf der hinteren Wand gebildet haben, glätten.

Die Nerven des stylopharyngeus laufen im n. glossopharyngeus, die Schnürer werden vom n. vagus, accessorius (und glossopharyngeus?) versorgt.

Ob einer dieser Muskeln ein- oder zweiseitig durch den Willen erregt werden kann, steht noch dahin. In Verbindung und unmittelbar nach der Erregung der Gaumenmuskeln scheint dieses nicht unmöglich. — Reflexbewegungen werden in ihnen ausgelöst auf Erregung aller emfindenden Flächen hinter dem Gaumenbogen bis zum Beginn der Speiseröhre.

Speiseröhre. Ihre Muskeln sind beim Menschen, abweichend von dem Verhalten der Haussäugethiere, aus Quer- und Längsfäden zusammengesetzt. Die Nerven derselben kommen aus dem Vagusstamme; sie sind dem Willenseinflusse durchaus entzogen und können nur in besonderen Zuständen der Erregbarkeit von der sie deckenden Schleimhaut zu Zusammenziehungen veranlasst werden.

Die bis dahin erwähnten Werkzeuge vollführen das Kauen und Schlingen.

Das Kauen oder Verkleinern der eingeführten und unter Umständen mit den Schneidezähnen abgebissenen Speisebrocken geschieht durch den mahlenden Druck der Backzähne; diesem Akte kommt die Kraft der Kieferschliesser, die Beweglichkeit des Unterkieferkopfes nach verschiedenen Richtungen und die Härte und Un-

ebenheit der Backzähne zu Gute. — Die Speisebrocken würden bei diesen Bewegungen von der erhaben gestellten Kaufläche herunterfallen, wenn sie nicht durch die Wangen, Lippen und die Zunge auf ihr gehalten würden. Wenn diese Einrichtungen das Abgleiten nicht vollkommen verhüten, so hebt die Zunge das Niedergefallene wieder empor; diese letztere wendet zugleich die Speise von einer Wangenseite auf die andere, ein Vorgang, der namentlich beim Kauen trockener Bissen öfter in Anwendung kommt. — Den Härtegrad der eingeführten Stoffe prüfen die Zähne, welche bekanntlich sondenartige Tastwerkzeuge darstellen; in Verbindung mit der Zunge, geben die Zähne auch Nachricht, ob die Bissen den zum Schlingen hinreichenden Grad von Vertheilung erlangt haben.

Das Schlingen. Dieser Muskelakt, vermittelst dessen der verkleinerte Bissen aus dem Munde in den Magen befördert werden soll, wird dadurch verwickelt, dass die Speisen, nachdem sie einmal in die Rachenhöhle geschoben sind, nun in den Oesophagus eindringen; also die Mündungen der Luftwege in den Rachen vermeiden sollen und zugleich nicht in die Mundhöhle zurückweichen dürfen. Das Einschieben des Bissens hinter den vorderen Gaumenbogen besorgt die Zunge; zu dem Ende wird sie, nachdem sie die Speisen auf ihren etwas hohl gestellten Rücken genommen hat, zuerst vorn gehoben durch die Muskeln des freien Zungenblattes, dann aber in der Mitte durch die Zusammenziehung des m. mylohyoideus, indem er den Boden der Mundhöhle abflacht, und endlich an der Wurzel durch den m. styloglossus. Nachdem der Bissen somit durch die Zunge an den harten Gaumen gepresst und hinter den arcus glossopalatinus geschoben wurde, legt sich dieser um die Zunge an und schliesst damit Schlund- und Mundhöhle von einander ab. — In diesem Augenblicke werden auch die Nasenöffnungen und die Stimmritze gedeckt. Die ersteren dadurch, dass das Gaumensegel in Verbindung mit der hinteren Schlundwand eine zeitweilige Scheidewand zwischen dem oberen und unteren Theile des Schlundkopfes, etwas unterhalb der Choanen, herstellt; hierbei greifen die einzelnen Theile so in einander, dass die levatores palati antici und postici in der Nähe des harten Gaumens und die schräg vom Kopf nach dem Larynx verlaufenden Schnürmuskeln des Schlundes die hintere Fläche des Gaumensegels zu einer horizontalen oder schief nach hinten abflachenden Fläche erheben; diese Wirkung der bezeichneten Muskeln wird unterstützt durch den Bissen, welcher von der Zunge aus das velum palatinum hebend vor sich

herschiebt. Der Spalt, der zwischen dem hinteren Gaumenbogen dann noch übrig bleibt, wird geschlossen durch eine Falte, welche sich von der Schlundwand hervorhebt in Folge der seitlichen Zusammenpressung, welche der Pharynx durch die absteigend und horizontal verlaufenden Muskelfasern erfährt. — Der Uebergang der Speisen in die Luftröhre wird dadurch verhindert, dass der Kehldeckel sich über den Kehlkopf legt; der epiglottis wird der Eintritt in diese Stellung darum erleichtert, weil sich der Kehlkopf erhebt und sich demnach gegen die Zungenwurzeln drückt; das Umlegen des Kehldeckels selbst aber sollte, wie man früher annahm, durch den niedergehenden Bissen geschehen; Czermak*) hat jedoch mit dem Kehlkopfspiegel nachgewiesen, dass dieses nicht der Fall sei, sondern dass der Kehldeckel durch seine Muskeln herabgezogen wird. Soll der Verschluss des Kehlkopfs noch fester gemacht werden, so legen sich die wahren Stimmbänder aneinander, die falschen Stimmbänder nähern sich und senken sich bis zum vollständigen Verschwinden der Morgagnischen Taschen auf die wahren Stimmbänder und zugleich drückt sich der Kehldeckel mit seiner nach hinten vorspringenden convexen Geschwulst auf die geschlossene Glottis (Czermak). In dieser Lage überragt die Epiglottis den Kehlkopf, sodass ihre freien Ränder beim leeren Schlingen durch den contrahirten Schlund aufgebogen werden können. Auffallend ist es, dass bei dieser kräftigen Berührung der obern Glottisfläche kein Hustenanfall erzeugt wird, den doch jeder eindringende Bissen hervorbringt.

Die Schliesser der Stimmritze spielen jedoch beim Abhalten des Speisebissens von der Luftröhre nicht die Rolle, die man ihnen früher allgemein zutheilte. Dieses geht daraus hervor, dass kein Speiseantheil während des Schlingens in die Luftröhre fällt, wenn man auch eine Röhre oder die gesperrten Arme einer Pincette in die Stimmritze legt (Longet**), Bouchut). — Unter Umständen kann sogar nach Abschneidung des Kehldeckels das Schlingen noch gut von Statten gehen (Longet).

Dem allseitig gedrückten Bissen bleibt somit nur der Weg in den unteren Theil des Schlundkopfes, der um so leichter genommen wird, als sich derselbe mit der Hebung des Kehlkopfes der Zungenwurzel entgegenschiebt. Dort angelangt, wird er durch eine Zusammenziehung der Schlundschnürer dem Oesophagus überliefert, welcher sich jedesmal in den Stücken verengert, die unmittelbar

*) Der Kehlkopfspiegel. Leipzig 1860.

**) Longet, Traité de physiologie. I. 2 Abth. 102. — Bouchut, Aus den Sitzungsberichten der medizinischen Akademie zu Paris 1859.

oberhalb und um den Bissen gelegen sind; diese Zusammenziehung schreitet mit dem Inhalte allmählig von oben nach unten fort, wobei sie aber immer nur einen beschränkten Abschnitt der Muskulatur zugleich ergreift, indem die Fasern der Orte, welche der Bissen verlassen hat, auch allmählig zu ihrer normalen Länge zurückkehren.

Die Nerven, welche der Reihe nach beim Schlingen in Erregung treten, sind nicht durchweg bekannt. Aeste der nn. trigeminus, hypoglossus und des Vagussstammes sind unzweifelhaft betheiligt; ob auch die Schlund- und Gaumenzweige der nn. trigeminus, facialis und glossopharyngeus dazu gehören, ist zweifelhaft. Jedenfalls aber steht hier wie bei der Augenbewegung fest, dass Nervenröhren mit sehr verschiedenen Hirnursprüngen in diese combinirte Bewegung als Erreger eingehen.

Die Zusammenziehung der einzelnen Muskelstücke *) des Schlingapparates ist in die eigenthümliche Beziehung gebracht, dass bei normaler Erregbarkeit auf die Verkürzung eines höher gelegenen Stückes jedesmal die der tiefer gelegenen bis zum Magen hin nachfolgt, während niemals auf die eines tieferen die Zusammenziehung eines höheren folgt. Man drückt dieses gewöhnlich so aus, dass dem Schlingapparate eine peristaltische, aber keine antiperistaltische Bewegung zukomme. — Das Fortlaufen der peristaltischen Bewegung geschieht allmählig und ist namentlich abhängig von der Zeitdauer, welche jedes einzelne Stück zur Vollendung seiner Zusammenziehung verbraucht, da die nächst tiefer gelegenen Partien nicht eher in den Zug der Bewegung eintreten, bevor nicht die höheren wieder zu der Erschlaffung gekommen sind. — Die Einleitung der Bewegung ist, wie es scheint, nur bedingt vom Willen abhängig; dagegen kann sie ohne äussere Ursache unwillkürlich (vgl. I. Bd. 213) und auf reflektorischem Wege zu Stande kommen. Die sensiblen Orte, deren Erregung das Schlingen einleitet, scheinen für gewöhnlich auf die hintere Fläche des Gaumens und den Eingang in den Kehlkopf (Wild, Longet) beschränkt zu sein; nur zuweilen gelingt es, die fortlaufende Bewegung durch einen Anspruch der Speiseröhrenschleimhaut auszulösen. Einmal eingeleitet schreitet die Bewegung unaufhaltsam bis zum Magen fort, so lange Nerv und Muskel erregbar und unversehrt sind, und so lange sich der fortschreitenden Bewegung kein Hinderniss entgegenstellt. Durchschneidet man aber die Muskeln oder

*) Wild, Henle's und Pfeufer's Zeitschrift. V. Bd. 76.

Nerven des Oesophagus, oder presst man ein beschränktes Stück des letzteren durch einen umgelegten Faden zusammen, so überschreitet die von oben herkommende Zusammenziehung den verletzten oder gedrückten Ort nicht (Wild).

Der Wille vermag die Schlingbewegung nur dadurch einzuleiten, dass er den festen oder flüssigen Inhalt der Mundhöhle in den Rachen schiebt, welcher dann die dort vorhandenen sensiblen Nerven erregt; dieses geht am deutlichsten daraus hervor, dass man auf Geheiss des Willens nur bis zum Verschwinden allen Speichels (drei-, vier- bis fünfmal unmittelbar hintereinander) schlingen kann, dass sich aber die Fähigkeit dazu sogleich wieder einstellt, so wie sich wieder Speichel in der Mundhöhle ansammelt oder ein Bissen in sie eingebracht wird. — Die Angabe, dass die einmal eingeleitete Schlingbewegung zu ihrer Fortführung der reflektorischen Erregungen nicht bedarf, und namentlich nicht in Abhängigkeit steht von den Erregungen, die der weiter geführte Bissen in der Schleimhaut hervorbringt, stützt sich darauf, dass sich die Bewegung selbst dann fortsetzt, wenn der Fortgang des Bissens, z. B. durch einen angezogenen und festgehaltenen Faden, aufgehalten wird. Siehe das Genauere bei Wild.

2. Magen.

Dieser geräumige Behälter ist im leeren Zustande so aufgehängt, dass er seine grosse Curvatur nach unten wendet; im gefüllten dreht er sich dagegen nach vorn und somit stellt er seine kleine Krümmung nach hinten, welche sich dann über die Wirbelsäule und die auf ihr laufenden Gefässe hinspannt, ohne diese letzteren zu drücken. Diese Drehung muss um eine Linie geschehen, welche durch die beiden am festesten angehefteten Punkte, die Cardia und den Pylorus bestimmt ist. Die Drehung wird möglich, weil die Krümmungen nur durch die schlaffen Netze angeheftet sind, und die vordere und hintere Magenfläche mit ihren glatten Bauchfellüberzügen frei in der Peritonialhöhle liegen. Der Mechanismus, welcher diese Drehung leitet, ist noch nicht ermittelt. Jedenfalls ist er von irgend welcher Muskelzusammenziehung unabhängig, da sich auch der Magen in der Leiche bei seiner Anfüllung dreht. — In dieser Lage nimmt nun die Cardialöffnung die höchste Stelle ein, so dass gegen sie die spezifisch leichtesten Bestandtheile des Mageninhaltes zu liegen kommen. Enthält also neben festen und flüssigen Stoffen der gefüllte Magen auch Luft, so wird sie sich an der bezeichneten Stelle finden und durch den Magenmund austreten, wenn er geöffnet ist. — Die Muskulatur des Magens macht vermöge der Anordnung ihrer Fasern eine Verschliessung seiner Mündungen, insbesondere der nach dem Dünndarme gekehrten, möglich, und ausserdem kann sie eine im Einzelnen mannigfach abgeänderte Verengerung der Magenhöhle herbeiführen.

Nerven erhalten die Magenmuskeln aus den Zweigen des n. vagus, des splanchnicus und dem grossen, viele Ganglien enthaltenden Geflecht, welches in der Bindegewebshaut gelegen ist (Meissner, Manz*).

Die Bewegungen**) des lebenden Magens, der in seinen natürlichen Verbindungen und unter normalen Verhältnissen steht, sind keine einfachen Zuckungen, sondern verwickelte Vorgänge, deren innerer Zusammenhang nicht durch die einfache Beobachtung, sondern nur durch den zergliedernden Versuch aufgedeckt werden kann. In der letztern Richtung ist jedoch noch wenig geschehen. Wir wissen überhaupt nur, dass sich der ausgeschnittene mit Speisen gefüllte Magen des Kaninchens rhythmisch zusammenzieht. Diese Bewegungen erstrecken sich namentlich auf den dem Oesophagus unmittelbar angrenzenden Theil der Cardia. Bei ihrem Eintritt plattet sich der in der Nähe konisch geformte Theil ab, es wird der Oesophagus in die Magenhöhle hineingezogen und der Cardialsphincter schliesst sich. Diese Bewegungen kehren nach minutenlangen Pausen wieder (Basslinger). Sie sind bisher weder am nüchternen Magen des Kaninchens, noch am gefüllten oder leeren anderer Thiere beobachtet worden, vorausgesetzt, dass derselbe ausgeschnitten war. — 2. Reizt man den ausgeschnittenen Magen auf seiner serösen Fläche momentan und beschränkt, so stellen sich zuweilen weit verbreitete und lang dauernde Bewegungen ein, deren Form und Dauer aus den Eigenschaften des Reizes nicht abgeleitet werden können. — Statt und neben diesen Bewegungen, die wie gesagt, häufig fehlen, stellt sich dagegen immer eine Zusammenziehung ein, die als eine directe Folge des Reizes angesehen werden kann. Diese Contractionen geschehen in der den glatten Muskeln eigenen langsamen Weise. — 3. Der herausgeschnittene, entleerte, ruhige Magen eines Säugethieres kommt in Bewegung, wenn man ihn in der Luft auf 19° bis 25° C. erwärmt (Calliburces). — 4. Reizt man am ebengetödteten Thiere den Stamm des n. vagus am Halse, so kann eine Bewegung des Magens eintreten oder ausbleiben. Das erstere geschieht vorzugsweise, wenn der Magen einige Zeit hindurch in Verdauung begriffen

*) Manz, Die Nerven und Ganglien des Säugethierdarms. Freiburg 1859.

**) Basslinger, Wiener Sitzungsberichte. XXXVII. Bd. — Wolf, Meissners Jahresbericht für 1857. 494. — Volkmann, Nervenphysiologie im Handwörterbuch der Physiologie II. Bd. 585. — Longet, Traité de physiologie I. 2. Abthlg. 1857. 120. — Bulatowicz, de partibus quas nervi vagi in vomitu agunt. Dorn 1858. — Calliburces, Compt. rend. XLV. — Busch, Archiv für patholog. Anatomie. XIV Bd. 166.

war. Die Bewegung ist entweder eine peristaltische, oder sie besteht in einer Zusammenschnürung, die sich vom Gipfel der grossen zur tiefsten Ausbeugung der kleinen Curvatur erstreckt (Bischoff, Longet) oder in Zusammenschnürungen des Pylorusendes (Wolf). Ist der Magen bewegungsfähig, so tritt die Zusammenziehung nicht unmittelbar, sondern erst einige Sekunden nach der Einwirkung eines vorübergehenden Reizes auf, auch kehrt sie öfter nach Entfernung des Reizes wieder. — 5. Betastet man am lebenden Thiere durch eine Fistel hindurch die Schleimhautfläche des Magens mit zwei um mehrere mm. von einander abstehenden Drähten, durch die ein Induktionsstrom geht, so erzeugt man durch Berührung der Cardia Brechbewegungen, die mit einer Erschlaffung des Cardialpförtners verbunden sind. Einen ähnlichen Erfolg kann man weder durch Reizung des Fundus noch des Pylorusendes hervorbringen (C. Ludwig, Kupffer). Dieser Erfolg fehlt, wenn vorgängig die n. vagi am Halse durchschnitten waren (Bulatowicz). — 6. Wird die Schleimhaut des Pylorus in der oben bezeichneten Weise oder mit dem eingeführten Finger gereizt, so erfolgen kräftige Zusammenziehungen des Pyloruspförtners. — 7. Wenn der Magen des lebenden Hundes mit Speisen angefüllt ist, so entstehen am Cardialtheile rhythmisch wiederkehrende Contrakturen, die meist mit der Inspiration beginnen und mit der Exspiration nachlassen (Longet). Diese Bewegungen werden am Magen des lebenden Kaninchens jedesmal durch eine Schlingbewegung veranlasst, indem sich die peristaltische Bewegung des Oesophagus auf die Cardia fortsetzt (Basslinger). — 8. Der mit Speisen gefüllte Magen des lebenden Menschen und Hundes lässt Bewegungen gewahren, die eine Verengerung seiner Höhle anstreben; sie sollen nach Beobachtungen, die Beaumont bei einem Menschen anstellte, der eine Magenfistel besass, peristaltisch vom Fundus gegen den Pylorus hin fortschreiten. Diese Bewegungen kehren, wenn sie einmal eingetreten sind, wie die Untersuchungen an Hunden lehren, nach mehr oder weniger kurzen Zeitabschnitten wieder. Ausser dem peristaltischem Modus wurde auch ein antiperistaltischer beobachtet. Diese Bewegungen treten jedoch nicht alsbald nach dem Niederschlingen der Speisen, sondern erst dann ein, wenn die letztern einige Zeit im Magen verweilten; Longet sah sie durch eine Magenfistel des Hundes erst nach schon weiter fortgeschrittener Verdauung zum Vorschein kommen. Dem entgegen beobachtete Busch, dass schon 15 bis 35 Minuten nach dem Speisen das Genossene aus einer

Dünndarmfistel einer Frau hervortrat. Aehnliches sieht man öfter bei Hunden, die eine Duodenalfistel tragen. — 9. In der Nacht sind keine Magenbewegungen vorhanden, selbst wenn der Magen Speisen enthält und sich kein Schlaf eingestellt hat (Busch). — 10. Nach Durchschneidung der nn. vagi werden die Bewegungen vielleicht schwächer, aber sie hören nach übereinstimmenden Angaben nicht auf, zu erscheinen.

Aus Allem scheint zu folgen, dass der Magen einen automatischen Erreger in sich trägt, welcher die räumliche und zeitliche Ordnung der Bewegung bestimmt. Diese Selbsterreger können aber auch von aussen her und zwar sowohl durch den n. vagus wie auch durch reflectorische Veranlassung zur Auslösung von Reizen bestimmt werden. Je nach der Oertlichkeit der ursprünglich erregten von aussen her eindringenden Nervenmassen (Cardia, Pylorus, n. vagus) werden auch nur bestimmte Muskelabtheilungen zur Bewegung veranlasst. Die automatischen, beziehungsweise die reflectorischen Organe sind aber nicht immer im Zustand der Erregbarkeit, und es scheinen auch nicht alle automatischen Stellen des Magens gleichzeitig in die letztere zu gerathen. Für die Verdauungslehre ist es wichtig, dass die den Pylorus beherrschenden Nerven schon mit dem Eintritt der Speisen in den Magen erregbar werden, während die zu den übrigen Muskeln gehörenden Nerven erst dann thätig werden, wenn die Magenverdauung schon kürzere oder längere Zeit im Gang ist.

3. Dünndarm.

Als ein Rohr von beträchtlicher Länge, dessen Wandungen bis zum Verschwinden der Höhle von den gespannten Bauchdecken zusammengepresst werden, bietet er ein ganz anderes Verhältniss zwischen Binnenraum und Wandungsfläche, als der Magen. — Die Anheftung durch das Peritonäum zwingt das Ileum und Jejunum in Schlingen zu hängen, die wechselnd auf- und absteigen können, das festgeheftete Duodenum wechselt zum Vortheil der Gallen- und Pankreasgänge, welche seine Wand schräg durchbohren, seinen Ort niemals. — Die Falten der Schleimhaut des Jejunum sind so gelegt, dass sie das Gleiten des Inhaltes in der Richtung von oben nach unten erlauben, während sie durch einen Stoss im umgekehrten Sinne aufgestellt werden.

Die Längs- und Kreisfasern in der Muskelhaut des Darms werden mit Nerven versorgt aus den nn. vagus, splanchnic. maj. und min. und endlich aus dem von Meissner entdeckten plexus

gangliosus, der in der Bindegewebshaut des Darms ausgebreitet liegt.

Die Bewegungen*) der Muskelhaut sind entweder einfache auf die gereizte Oertlichkeit beschränkte Zusammenziehungen (langsame Zuckungen) oder geordnete Bewegungen. Die letzteren können unter zwei Formen auftreten; sie sind nämlich entweder stehende, um denselben Darmumfang rhythmisch wiederkehrende Verkürzungen und Verengerungen (pendelnder Modus), oder sie sind fortschreitende Bewegungen. Bei diesen letzteren entsteht eine Zusammenziehung der Längs- und Kreisfasern an einem beschränkten Darmstück; alsbald nach Vollendung der Contractur lösst sich dieselbe auch wieder und während dieses geschieht, zieht sich ein zunächst liegender Darmumfang zusammen, dieses zweite Stück wird dann ebenfalls wieder von einem dritten abgelöst u. s. w. Die Reihenfolge schreitet hierbei immer nach einer Richtung fort; je nachdem sie von oben nach unten oder umgekehrt weiter geht, wird sie peristaltische oder antiperistaltische genannt.

Zu den Bedingungen, unter welchen diese Bewegungen entstehen und vergehen, zählen erfahrungsgemäss folgende. — 1. Der aus der Unterleibshöhle im Ganzen oder nur in Stücken herausgenommene, von seinem Mensenterium möglichst vollständig befreite Dünndarm bleibt ungereizt entweder in Ruhe oder er bewegt sich nach dem fortschreitenden oder dem pendelnden Modus. Besonders ausgebildet treten die Bewegungen an dem ausgeschnittenen Darm der Thiere auf, die nach der Durchschneidung beider nn. splanchnici noch einige Tage gelebt haben (Hafftter). — 2. Wird die seröse Oberfläche des ausgeschnittenen Darms in beschränkter Ausdehnung durch einen Induktionsstrom oder durch einen harten Körper berührt, so stellt sich entweder eine geordnete oder auch nur eine einfache Reizbewegung ein. Je entfernter im Allgemeinen die Zeit, in welcher der Darm gereizt wurde, von dem Augenblick des Todes ist, um so weniger Aussicht hat man auf geordnete Bewegungen zu treffen; einfache Zuckungen lassen sich dagegen lange nach dem angegebenen Zeitpunkt erzeugen. — 3. Wird der ausgeschnittene und bei gewöhnlicher Zimmerwärme zur Ruhe gekommene Darm durch Luft von 19° bis 25° C. erwärmt, so beginnt

*) Ausser der beim Magen angeführten Litteratur: Schwarzenberg, Henle und Pfeufer's Zeitschrift VII. 311. — Hafftter, Ibid. N. F. IV. Bd. — Betz, Ibid. N. F. I. Bd. — Pflüger, Ueber das Hemmungsnervensystem. Berlin 1857. — C. Ludwig und Kupffer, Wiener Sitzungsberichte. 25. Bd. — Donders, Physiologie des Menschen. 2. Aufl. 1859. 306.

er, vorausgesetzt, dass er durch seinen Inhalt nicht merklich ausgedehnt war, geordnete Bewegungen (Calliburces). Erhöht sich die Temperatur aber auf 35° C., so hören die Bewegungen auf. — 4. Der blossgelegte Darm eines lebenden Thieres (namentlich der Katze und des Hundes, nicht selten aber auch des Kaninichens) liegt meist vollkommmen ruhig. Dasselbe sieht man häufig an dem Darm eines ebengetödteten, und namentlich auch des durch einen Herzstich umgebrachten Thieres. Einige Minuten nach dem Tode, ungefähr zu der Zeit, wo das Rückenmark abstirbt, geräth der Darm in weit verbreitete pendelnde und fortschreitende Bewegungen. — 5. Unterbricht man nach Bloslegung des Darms den Blutstrom in dem letztern dadurch, dass man die Aorta zudrückt, so fängt der bis dahin ruhige Darm an sich zu bewegen (Schiff). Dieser letztere Erfolg bleibt übrigens auch oft aus, und da man beim Druck auf die Aorta auch leicht darmbewegende Nerven reizt, so ist es wünschenswerth, den Versuch mit Sorgsamkeit zu wiederholen. Nach vorübergehenden Verschluss der ven. portar. soll sich zuweilen auch Darmbewegung einstellen (Betz, Donders). — 6. Durch Reizung, namentlich durch Aetzung des gglion. coeliacum lässt sich fast immer eine anhaltende peristaltische Bewegung einleiten. — 7. Durch Reizung des Vagusstammes am Halse kann man den ruhenden Darm in geordnete Bewegungen versetzen, die einige Minuten nach dem Eintritt der Reizung beginnen, sich auf ein mehr oder weniger ausgebreitetes Darmstück ausdehnen, resp. an verschiedenen Orten gleichzeitig beginnen, und oft während noch bestehender Vaguserregung wieder aufhören, noch häufiger aber die letzteren überdauern. Aber die Reizung des n. vagus hat nicht immer diesen Erfolg. Namentlich bleibt mit seltenen Ausnahmen der blossgelegte Darm des lebenden Thieres während der Vaguserregung vollkommen ruhig; erstickt man darauf das Thier, so wird man aber sicher einige Minuten nach dem letzten Athemzug auf jeden Induktionsreiz des n. vagus Bewegung eintreten sehen (Valentin, Wolf, Kupffer und C. Ludwig). — 8. Die Reizung der nn. splanchnici kann je nach Umständen eine vorhandene peristaltische Bewegung zum Schweigen bringen oder den ruhenden Darm zu Bewegungen veranlassen. Das erstere geschieht, wie Pflüger entdeckte, sicher am lebenden Kaninchen, wenn dessen Darm nach Eröffnung der Unterleibshöhle selbstständig in Bewegung geräth. Während der Darmruhe, die der erregte splanchnicus hervorbrachte, kann durch jede auf den Darm selbst angebrachte Reizung eine rasch vorüber-

gehende Bewegung eingeleitet werden, dagegen kann die durch den n. vagus veranlasste Bewegung nicht entstehen, so lange eine entsprechend starke Reizung des n. splanchnicus vorhält. — Ist dagegen das Thier abgestorben, so kann man einige Minuten nach dem letztem Athemzug durch eine vorsichtig auf den n. splanchnicus beschränkte Erregung den bis dahin ruhigen Darm zu einer vorübergehenden Bewegung veranlassen (Kupffer, C. Ludwig). — 9. Am lebenden Menschen und Thier kann die Darmbewegung bei geschlossener Unterleibshöhle sichtbar werden entweder bei ausserordentlicher Magerkeit oder mit Hülfe einer Darmfistel (C. Ludwig, Busch). Hier gewahrt man, dass der Darm Zeiten der Ruhe und der Beweglichkeit hat. Beide Perioden dauern oft Stunden lang. In der Zeit der Beweglichkeit folgen sich in kurzen Zwischenzeiten peristaltische und antiperistaltische Gänge; beim Hunde (Darmfistel am Ende des ileums) wurden nur peristaltische, beim Menschen (Darmfistel am Anfang des jejunum) auch antiperistaltische beobachtet. Zur Zeit der Beweglichkeit kann durch sanfte Berührung der Schleimhautfläche (also auch durch die Anwesenheit von Speisen und Galle u. s. w.) jedesmal eine Bewegung eingeleitet werden. Die Beweglichkeit tritt ein zur Zeit der Verdauung, aber sie fehlt auch nicht am nüchternen Thiere; nach mehrtägigem Hungern kann sie sogar sehr häufig und anhaltend auftreten. Auch scheint es nicht, als ob sie an Thieren häufiger wiederkehre, deren nn. splanchnici durchschnitten sind (Haffter). Gewisse Arzneien (die drastischen Abführmittel) scheinen begünstigend auf das Erscheinen der Beweglichkeit zu wirken. — Die Zeit der Ruhe scheint namentlich während der Nacht anwesend zu sein, selbst wenn Speisen genommen wurden und kein Schlaf eintrat. In der Ruhezeit kann durch selbst kräftige Berührung der Darmschleimhaut keine Bewegung eingeleitet werden (Busch, Schwarzenberg).

Aus diesen Thatsachen ergiebt sich, dass der Darm in seinen Häuten ein automatisches und zur reflektorischen Uebertragung geschicktes Organ birgt, dieses ordnet und bestimmt die Bewegungen des Darms je nach seinem innern Zustande. Dieser letztere wird aber geändert durch die Erregungen der nn. vagi und splanchnici, durch eine Aenderung der Temperatur, eine solche des Blutstroms, und durch gewisse Arzneimittel (?). — Je nach den gerade vorhandenen Eigenthümlichkeiten des Organs können namentlich die erregten Nerven Bewegung auslösen, oder unterdrücken oder auch vollkommen wirkungslos bleiben.

4. Dickdarm.

Dem Verhältniss seiner Wandflächen zu seinem Binnenraum gemäss steht er in der Mitte zwischen Magen und Dünndarm. Die auf- und absteigende Richtung seiner Höhle, welche durch die Bauchfellanheftung unverrückt erhalten wird, bedingt nothwendig die Scheidung des flüssigen und festen vom gasförmigen Inhalte, indem der letztere ebensowohl vom Coecum als vom Rectum gegen den Quergrimmdarm emporsteigen wird. Die Massen, welche einmal aus dem dünnen in den dicken Darm getreten sind, werden durch das häutige Ventil zwischen beiden, die Valvula Bauhini, verhindert, nach dem Ileum zurückzukehren, da dasselbe die weitere Mündung seines trichterförmigen Hohlraumes gegen den Dünndarm kehrt. Die Last des Kothes ruht im Beginn des Dickdarmes nicht auf dieser Klappe, sondern auf dem Coecum, weil sie bekanntlich wie die Mündung des Dünndarmes selbst an der Seitenwand des Colon angebracht ist. Der im Colon ascendens aufsteigende Koth findet in den seitlichen Buchten (haustra) Ruhepunkte, wenn die ihn emportreibende Bewegung nachlässt. Aus diesen muss er wegen ihrer spiraligen Anordnung bei wieder beginnender Bewegung nach oben gehen. Der Inhalt des absteigenden Grimmdarmes wird aus demselben Grunde nicht unmittelbar nach unten sinken. Ist er aber einmal im Mastdarme angelangt, so drückt er nicht unmittelbar gegen die Oeffnung desselben, sondern er lastet, so lange er oberhalb der Blase steht, auf dieser, und ist er hinter sie gelangt, auf der plica transversalis recti und der Ausbiegung des Kreutzbeines, so dass er selbst durch den geöffneten After (nach Durchschneidung oder Lähmung der Sphinctern) vermittelst der Schwere nicht ausgedrückt wird (Kohlrausch)*).

Auf die Bewegungen des Dickdarmes findet zum grössten Theil auch das beim Dünndarme Gesagte Anwendung. Nachweisslich verschieden sind die peristaltischen Dickdarmbewegungen dadurch, dass sie nicht durch den gereizten n. splanchnicus besänftigt werden können (Pflüger). — Der verbreiteten Annahme, dass der sphincter ani durch einen stetigen Schluss den Austritt des Kothes hemme, steht die schon angeführte Wahrnehmung des gleichen Verhaltens bei gelähmtem Afterschliesser entgegen; aber auch in vollkommen beweglichem Zustande ist der Anus nicht immer gesperrt, wie man bei Touchiren desselben leicht wahrnimmt. Von der Haut des

*) Zur Anatomie und Physiologie der Beckenorgane. Leipzig 1854. p. 5. u. f.

Aftereinganges kann dagegen sehr leicht eine reflektorische Bewegung eingeleitet werden. Auffallend bleibt der lange Zeitraum, welchen der Koth zu seinem Durchgange durch das Colon bedarf.

5. Bauchpresse.

Der Darminhalt steht endlich noch unter dem Einflusse der ihn drückenden Bauckmuskeln und der Widerhalt leistenden Bauchknochen. Zwei Bauchmuskeln, das Zwergfell und der quere Bauchmuskel, sind so aufgespannt, dass sie bei ihrer Verkürzung die Baucheingeweide unter einen allseitigen Druck versetzen, ohne dass sie eine besondere Richtung desselben bevorzugten. Dieses wird ohne Weiteres aus Fig. 71 verständlich, welche in einem schematischen Körper-Durchschnitte die Faserrichtung des Zwergfelles (*zz*) und des m. transversus (*tt*) wiedergiebt. — Neben diesen beiden Muskeln tragen aber wesentlich zur Bildung der Bauchwand die Obliqui bei. Der äussere oder absteigende (*dd*) in Fig. 72 giebt, seinem Faserverlaufe entsprechend, den Eingeweiden neben einem Drucke gegen die Wirbelsäule auch noch einen solchen gegen das Zwergfell; der innere oder aufsteigende (*aa*) muss dagegen bei seiner Verkürzung den Bauchinhalt nach unten ziehen; wirken beide gemeinsam, so werden sie die Bauchhöhle allseitig verengern.

Fig. 71.

Fig. 72.

In Folge der aufgezählten Pressungen kann nun 1. der Inhalt der Gedärme weiter bewegt werden; dieses geschieht namentlich bei dem Auf- und Abgange des Zwergfelles, wie die Versuche an Thieren, denen Darmfisteln angelegt wurden, lehren.

Ein Draht, der in eine solche gesteckt ist, wird bei jeder Einathmung nach aussen und während jeder Ausathmung nach innen bewegt. Da diese Bewegungen während der verschiedenen Akte in umgekehrter Richtung gehen, so heben sie sich im Enderfolg mehr oder weniger auf. Sie sind dagegen insofern bedeutungsvoll, als sie den flüssigen Inhalt von den verschiedensten Seiten her gegen die Darmwand und deren Falten anstossen. — 2. Die Pressungen werden sehr hülfreich und vielleicht entscheidend sein für die Entleernng der Stoffe aus den beiden natürlichen Mündungen des Darmkanales, der Mundhöhle und dem After, dem Erbrechen und Kothen.

a. Erbrechen. Das Auswerfen des festen oder flüssigen Mageninhaltes durch die Cardia und den Schlund in die Mundhöhle kann unzweifelhaft besorgt werden durch jeden heftigen und insbesondere durch jeden allseitigen Druck auf die Bauchhöhle, vorausgesetzt, dass der Magenmund und der Schlund offen stehen. Dafür bürgt nicht allein der geradlinige Verlauf des Schlundes, sondern es ist der empirische Beweis dadurch gegeben, dass man den gefüllten Magen einer Leiche durch einen entsprechenden Druck auf die Bauchhöhle sogleich entleeren kann. Darum wird also, wenn der Cardialsphincter erschlafft ist, während das Diaphragma, mm. transversus und obliqui sich zusammenziehen, Erbrechen stattfinden können. So wenig über diesen Punkt gestritten werden kann, so schwierig ist es, zu entscheiden, ob auch während des Lebens das Erbrechen nur unter den bezeichneten Umständen sich ereignet, oder ob nicht noch gleichzeitig eine Zusammenziehung des Magens hinzutritt. Die Schwierigkeit liegt einmal darin, dass ein Thier sich noch erbrechen kann, wenn auch die Bauchhöhle desselben eröffnet wurde, ja wenn ein Theil des Magens aus der Bauchwunde hervorgezogen wurde; zweitens aber wird die Entscheidung dadurch erschwert, dass sich während des Erbrechens die Bauchmuskeln jedesmal kräftig zusammenziehen. Eine Besprechung der Literatur und der in Betracht kommenden Fragen findet man bei Rühle*). Die Muskeln der Speiseröhre bleiben während des Erbrechens erschlafft, insbesondere aber zeigt sich keine antiperistaltische Bewegung (Wild), die man früher allgemein annahm.

---

*) Traube, Beiträge zur experimentellen Pathologie. 1. Heft. — Siehe auch Valentin's Lehrbuch der Physiologie. 1. Bd. 273.

Ueber die Betheiligung der Nerven an der Brechbewegung ist nur bekannt, dass sie reflektorisch eingeleitet werden kann durch Erregung einiger noch nicht genauer bestimmten Abtheilungen des Schlundes und der Zungenwurzel, durch Bestreichen der Cardialschleimhaut des Magens und durch Reizungen der Peritonaealfläche des Magens, des Dünndarms, des Ureters u. s. w. — Starke Gemüthsbewegungen, Ekelvorstellungen u. s. w. leiten ebenfalls das Erbrechen ein. Nach Durchschneidung des n. vagus kommt ein reflektorisches Erbrechen nicht mehr zu Stande (Bulatowicz).

b. Das Kothen. Durch die Bauchpresse kann der Koth nur dann aus dem Mastdarme entleert werden, wenn er die Darmhöhle vom S romanum an bis zum Mastdarme hin füllt. Enthielte nur das erstere Darmstück Koth, so würde der Druck ihn nicht weiter fördern, weil derselbe die Schlingen jenes vom Mastdarm absperren würde, und zwar entweder dadurch, dass ihre Wände gegen einander oder gegen die Bauchwand gepresst würden. Ist aber nur im Mastdarm Koth enthalten, so wirkt der Druck nicht mehr auf ihn, denn das Rectum liegt ja grösstentheils ausserhalb der Bauchhöhle. Von der Richtigkeit der letzteren Behauptung kann man sich jeden Augenblick überzeugen, wenn man einen beliebigen Gegenstand in das untere Ende des Mastdarms einführt, so dass er noch aus der Aftermündung theilweise hervorsteht; er wird durch noch so heftiges Drängen nicht aus dem After befördert. — Darum ist auch in der That das Kothen der Bauchpresse nicht allein überlassen; insbesondere ist eine thätige Mitwirkung der peristaltischen Bewegung des ganzen absteigenden Dickdarmes und dem levator ani (dem Afteröffner) zugestanden. Wahrscheinlich betheiligen sich auch m. coccygeus und transversus perinaei prof. an dem Akte, welche hinten und vorne dem andrängenden Kothe einen Widerhalt entgegenstellen. Siehe Kohlrausch am angezogenen Orte.

Chemische Arbeit der Verdauungssäfte.

Eine chemische Untersuchung der Umwandelungen, welche die Speisen während ihres Aufenthaltes im Darmkanale erfahren, muss zu ermitteln suchen: a) den Unterschied, welcher zwischen der Zahl und Anordnung der Atome in den veränderten und unveränderten Nahrungsstoffen besteht. Die Zahl der Atome hat die Elementaranalyse festzustellen; die Anordnung ist darum zu berücksichtigen, weil die Verdauungssäfte meist weniger die Zusammensetzung als die Löslichkeit, die Verwandtschaften und die Spaltbar-

keit der einfachen Nahrungsstoffe ändern. — b) Es ist der Einfluss festzustellen, den jeder einzelne Drüsensaft auf jeden einzelnen Nahrungsstoff ausübt. Dabei ist zu berücksichtigen, dass jeder Drüsensaft von veränderlicher Zusammensetzung ist, es müssen also die verschiedenen Modifikationen eines und desselben Saftes zur Prüfung kommen; da ferner jeder Saft ein Gemenge verschiedener Stoffe ist, so muss der Versuch gemacht werden, zu ermitteln, wie sich jeder einzelne Bestandtheil desselben an einer durch den Gesammtsaft eingeleiteten Veränderung betheiligt; ferner erzeugt zuweilen ein Saft an einem und demselben Nahrungsstoff mehrere Umwandlungen, es ist also festzustellen die Reihenfolge, in der die betreffenden Umformungen geschehen, und in wie fern dieselben bedingt sind von dem Aggregatzustande und den isomeren Modifikationen, in denen das Nahrungsmittel der Einwirkung des Saftes ausgesetzt wird. Alle diese Beziehungen müssen natürlich nach ihrem Umfange und nach ihrer Geschwindigkeit bestimmt werden, mit anderen Worten, in welcher Zeit und in welcher Menge der Nahrungsstoff durch die Gewichtseinheit des Saftes von bekannter Zusammensetzung umgeändert wird. — c) Darauf würde zu erledigen sein, welche Veränderungen ein Nahrungsmittel erfährt, wenn es der Reihe nach mit den verschiedenen in Betracht kommenden Säften behandelt wird, oder aber wenn die natürlich vorkommenden Combinationen der Verdauungsflüssigkeiten gleichzeitig auf dasselbe wirken. — d) Endlich müssten mit verschiedenen quantitativ genau bestimmten Mengen einfacher Nahrungsmittel (den Speisen) dieselben Versuche vorgenommen werden, welche für jeden einzelnen Nahrungsstoff vorgeschrieben wurden. In allen Fällen würde angegeben werden müssen, ob und welche Verwandelungen die Bestandtheile der Verdauungssäfte selbst erfahren bei dem Einflusse, den sie auf die Nahrungsmittel üben.

Nach Beendigung dieser Vorversuche würde man dazu übergehen können, die Veränderungen zu studiren, welche die Nahrungsstoffe in den einzelnen Abtheilungen des Darmkanales selbst erfahren, und die Gründe für die Abweichungen und Uebereinstimmungen zwischen natürlicher und künstlicher Verdauung aufzusuchen.

Die Reihe von Versuchen, welche der angegebene Gang vorschreibt, ist allerdings gross und jeder einzelne meist mühsam, aber dennoch ist, wie die Geschichte der Wissenschaft lehrt, der vorgezeichnete Weg der kürzeste. Wir gehen nun dazu über, die bis dahin bekannt gewordenen Beobachtungen aufzuzählen.

1. Speichel*). Aller Speichel, wie und wo er auch gewonnen wird, verhält sich als ein dem Wasser ähnliches Lösungsmittel. Für unsere Zwecke verdient namentlich hervorgehoben zu werden, dass frischer Speichel die Fette und Eiweissstoffe, den Rohrzucker, das Gummi, Pectin und Cellulose selbst bei längerer Digestion nicht mehr und nicht weniger ändert, wie es ein reines Wasser vermag (Schwann, Frerichs).

Anders verhält sich der Speichel dagegen zu rohem und gekochten Amylon. Rohes Amylon vermag er bei einer Temperatur, die über 40° liegt, in Dextrin umzuwandeln (Naegeli). — Gekochte Stärke setzt er schon bei gewöhnlicher Temperatur der Reihe nach in Dextrin, Traubenzucker, Milch und Buttersäure um (Leuchs, Frerichs, Schwann). Obwohl nun die letztere Reihe von Umwandlungen von allen Speichelarten bewirkt werden kann, so unterscheiden sich dieselben doch dadurch von einander, dass die einen die Zuckerbildung schon nach wenigen Minuten, andere aber dieselbe erst nach stundenlanger Digestion einleiten.

Der Parotisspeichel, welcher aus dem unverletzten Ausführungsgange des gesunden Menschen aufgefangen wird, verwandelt das gekochte Amylon rasch in Zucker (Eckhard, Ordenstein). Derjenige dagegen, welcher aus der frisch angelegten Fistel des Pferdes (Lassaigue, Magendie, Rayer) oder Hundes (Bernard, Bidder und Schmidt) gewonnen wird, wirkt äusserst langsam. Dieser Unterschied der Wirkung scheint begründet zu sein in der verschiedenen Zusammensetzung, welche der Saft zeigt, je nachdem er auf die eine oder andere Weise gefangen wurde. Der aus dem durchschnittenen Gang (auch des Menschen) aufgefangene Speichel enthielt nämlich 1,6 bis 0,5 pCt. feste Rückstände (vide p. 340), während der von Eckhard und Ordenstein benutzte aber 5,0 Rückstand hinterliess. Für diese Deutung spricht, dass zuweilen (Bidder und Schmidt), wenn auch nicht immer (Frerichs) der wässerige Auszug der gl. parotis das Amylon rasch umwandelt.

Ein Gemenge von Ohr- und Unterkieferdrüsenspeichel (Cl. Bernard) wandelt den Kleister sehr allmählig um; eine Mischung aus Ohr- und Mundwandungsspeichel verändert denselben zuweilen rasch

---

*) Frerich's, Handwörterbuch der Physiologie. Verdauung. p. 768. — Bidder u. Schmidt, Verdauungssäfte. p. 14. — Schröder, Succi gastrici humani vis digestiva. Dorpat 1853. — F. Hoppe, Virchow's Archiv. X. Bd. 144. — Ordenstein und Eckhard, In des letztern Beiträgen zur Physiologie. II. Bd. 93 und 124. — Naegeli, Die Stärkekörner. Zürich 1854. p. 93, 113 und 124. — Longet, Traité de physiologie. I. 2. Abth. 171.

(Jacubowitsch), zuweilen aber auch nur sehr langsam (Bidder, Schmidt); der mit Vorsicht aus der Unterkiefer- und Unterzungendrüse aufgefangene Speichel des Menschen bedingt eine rasche Zuckerbildung (Longet); ein Gemenge von Mundwandungs- und Unterkieferdrüsenspeichel endlich führt schon nach wenigen Minuten eine Umwandelung des Kleisters in Dextrin und von da aus in Traubenzucker herbei; bei einer dauernden Berührung beider Stoffe geht die Zuckergährung in die Milch- und Buttersäuregährung über. Nach den Erfahrungen von Ordenstein und Eckhard wird es nothwendig, bei künftigen Versuchen die verdauende Wirkung des Speichels und seine Zusammensetzung immer zugleich zu untersuchen.

Den reinen Speichel aus der Parotis fängt Eckhard dadurch auf, dass er ein Röhrchen in die Mündung des duct. stenon. einlegt. Statt dieses allgemein anwendbaren Verfahrens war man früher auf die Benutzung von zuweilen beim Menschen vorkommenden Fisteln beschränkt. Bei Thieren gewinnt man den Speichel der grösseren Drüsen aus den durchschnittenen Gängen; den Speichel aus den Drüsen in der Mundwandung gewinnt man gesondert, indem man die Ausführungsgänge der Parotiden und Submaxillaren unterbindet. Statt dieses Verfahrens bedient man sich auch eines wässerigen Auszuges der einzelnen Drüsen oder der drüsenhaltigen Mundschleimhaut. — Die Vermischung des Speichels mit Amylon geschah ausserhalb der Mundhöhle entweder bei der gewöhnlichen Zimmer- oder bei der normalen Körperwärme. — Zur Prüfung auf die Umwandelung des Amylons bediente man sich der Trommer'schen Probe und ergänzend der Reaktion des Jods auf Amylon; mit dem ersteren erfährt man, ob Zuckerbildung eingetreten, die letztere giebt darüber Aufschluss, ob alle Stärke in Dextrin oder Zucker verwandelt ist, indem in diesem Falle die blaue Färbung vollkommen ausbleibt.

Zur genaueren Bestimmung der Wirkung des gemischten Speichels auf Amylon dienen noch folgende Angaben. a) Die Einwirkung des Speichels auf das rohe Stärkekorn geht nicht bei gewöhnlicher Temperatur vor sich; sie beginnt bei 40° C., d. h. einer Wärme, in welcher die Stärke noch nicht wie bei der Kleisterbildung aufschwillt. Bei der genannten Temperatur löst der Speichel zuerst die Stärke des Korns und zwar von aussen her, zwischen 45 und 50° löst sich auch die Cellulose des Korns, jedoch langsam (Naegeli). In der Lösung ist Dextrin vorhanden. — b) Das gekochte, zum Kleister aufgequollene Korn setzt der Speichel schon bei gewöhnlicher Temperatur um, die dem Amylon verwandten Stoffe, Rohrzucker, Gummi, Pektin, Cellulose, lässt er unverändert (Frerichs). — c) Die Umwandelung des Kleisters geht noch von statten, wenn der alkalische Speichel neutralisirt wurde; ebensowenig wird sie gehemmt durch einen Zusatz von SO_3, ClH, NO_5,

Essigsäure, saurem Magensaft bis zur stark sauren Reaktion (Frerichs). Ein sehr bedeutender Säureüberschuss stört dagegen die Umsetzung; aus diesem Grunde ist die Umwandlung beendet, wenn in Folge der weiter gehenden Zersetzung bedeutendere Mengen des Zuckers zu Milchsäure umgeformt sind; aber auch hier beginnt die Zuckerbildung von Neuem, wenn die Säure mit Natron gesättigt wird (Cl. Bernard). — d) Die Stärkegährung wird nicht beeinträchtigt durch ein einmaliges Aufkochen der Mischung aus Stärke und Speichel, durch einen Alkoholzusatz, durch Beimengung von arseniger Säure (Frerichs). — e) Das sogenannte Ptyalin Lehmann ist für sich angewendet nicht im Stande, die Zuckerbildung hervorzurufen.

Die eigenthümliche Wirkung des Speichels auf das Amylon pflegt man und wohl mit Recht von einem in dem erstern enthaltenen Ferment abzuleiten; dieses Ferment kommt aber nicht wie man angab, mit der sog. Diastase überein; dieses beweist Staedeler*) dadurch, dass der Speichel bei 38° bis 40° C. Salicin in Saligenin und Zucker zerlegt, was die Diastase nicht vermag.

Da den Erfahrungen von Bidder und Schmidt zu Folge der gemischte Speichel sehr rasch, schon nach wenigen Minuten, einen Kleisterbrei theilweise in Zucker umsetzt, da ferner im Munde immer gemengter Speichel vorhanden ist, so folgt daraus, dass der Aufenthalt in der Mundhöhle, wie er z. B. zum Zerkauen des Brodes nothwendig ist, hinreicht, um die Zuckerbildung einzuleiten. Diese Folgerung ist von Lehmann und Schröder**) bestätigt worden, welche eine Minute nach Einführung des Kleisters in den Mund Zucker auffanden. Rohes Stärkemehl wurde nicht umgewandelt.

2. Flüssigkeiten des Magens.

Die in den Magen gelangten Speisen kommen dort in Berührung mit dem Magensaft; diesen letzteren haben wir schon als ein sehr veränderliches Gemenge von Speichel, Labsaft und Magenschleim erkannt (p. 362). Ausser den genannten Stoffen sind ihm zuweilen auch noch Galle, Bauchspeichel und andere Darmsäfte beigemischt, die durch den Pylorus in den Magen steigen. Diese Thatsachen machen es nothwendig, von den Wirkungen, welche die einzelnen Bestandtheile jenes Gemenges auf die Speisen ausüben, auszugehen, um dann mit Hülfe dieser Erfahrungen abzu-

*) Chemisch. Centralblatt. 1858. 109.

**) Lehmann, Physiolog. Chemie. III. Bd. p. 293. — Schröder, l. c. p. 9.

leiten, was entstehen wird, wenn die genannten Stoffe in verschiedenen Verhältnissen gemengt sind. Dabei schliessen wir jedoch einstweilen noch die jenseits des Pylorus gebildeten Säfte aus.

A. Verdauung durch den künstlichen Labsaft*).

Um die verdauenden Wirkungen des von anderen Beimengungen möglichst befreiten Labsaftes zu erforschen, hat zuerst Eberle ein sicheres Verfahren angegeben. Die von ihm zu Verdauungsversuchen angewendete Mischung, welche wesentlich aus Pepsin und aus einer sehr verdünnten wässerigen Lösung der im Magen vorkommenden Säuren (Salz- oder Milchsäure) besteht, pflegt man den künstlichen Labsaft zu nennen.

Eberle bediente sich statt des Pepsins geradezu der Magenschleimhaut, welche er mit verdünnter Salzsäure den zu verdauenden Speisen zusetzte. Schwann wendete zuerst einen wässerigen Auszug der vorher gereinigten und in Stücken zerschnittenen labdrüsenhaltigen Magenschleimhaut an. Aus der Lösung fällte er das Pepsin mit essigsaurem Bleioxyd und zerlegte dann den wohlausgewaschenen Bleiniederschlag mit SH. Eine noch weiter gehende Reinigung versuchte Wassmann dadurch, dass er die von PbS abfiltrirte Flüssigkeit eindampfte und mit Alkohol und Pepsin ausfüllte. — Das gegenwärtig im Handel vorkommende Pepsin ist zum Theil wenigstens nichts anderes, als ein Gemenge von Labzellen, Epithelialzellen u. s. w., welche aus der vorhergereinigten Magenschleimhaut des Schlachtviehes ausgedrückt und bei niederer Temperatur getrocknet wurden. Diesem Gemenge wird noch Amylum zugesetzt, theils um es zu verdünnen, und theils um es weniger hygroskopisch zu machen.

Von den in der gewöhnlichen Nahrung vorkommenden chemischen Verbindungen lässt der künstliche Labsaft unberührt: die Hornstoffe, die stärkeren elastischen Membranen, die Wachsarten, die Fette(?), die Cellulose(?), die holzige Verdickungsschicht der Pflanzenzellen.

In Lösung versetzt er die in Wasser oder verdünnten Säuren löslichen Proteinkörper, die Kohlenhydrate, die alkalischen Salze mit fixen Säuren und die phosphorsauren Erden. Unter Austreibung der Säuren zersetzt er die Salze mit schwachen oder flüchtigen Säuren.

Eigenthümlich ist sein Verhalten gegen die in Wasser und verdünnten Säuren löslichen oder unlöslichen Eiweisskörper und gegen Leim und leimgebende Stoffe. Die unlöslichen Eiweissstoffe löst er auf, die in alkalischer Lösung befindlichen schlägt er nieder, um

*) Frerichs, Verdauung, in Wagners Handwörterbuch. III. Bd. 1. Abthlg. — Schwann, Müllers Archiv. 1836. 90, — Brücke, Wiener akademische Sitzungsberichte. XXXVII. 131. — Mulder, Archiv für holländ. Beiträge. II. Bd. 1. — Knoop Coopmanns ibid. I. Bd. 1. — Meissner, Henle's und Pfeufers Zeitschrift. 3. Reihe. VII. ibid. VIII. und X. Bd. — Köbner, Dissertatio de sacchari cannae mutation. etc. Breslau 1859. — J. Hoppe, Archiv für patholog. Anatomie. X. Bd. 144.

sie dann wieder zu lösen. Alle Eiweisskörper aber, gleichgültig ob sie durch den Magensaft in Lösung bleiben, oder erst in eine solche gebracht werden müssen, verändert er in ihren chemischen Reactionen, wenn sie längere Zeit mit ihm in Berührung bleiben. — Die unlöslichen Leimstoffe verwandelt er dagegen einfach in lösliche.

Einer Besprechung der in Betracht kommenden Einzelheiten ist die Bemerkung vorauszuschicken, dass sich die folgenden Angaben auf die Wirkung einer Verdauungsflüssigkeit beziehen, die etwas weniges Pepsin, 0,05 bis etwa 0,3 pCt. Salzsäure und 100 Th. Wasser enthält.

Bei der Betrachtung der verdauenden Wirkungen des künstlichen Labsaftes auf die Eiweisskörper ist, wie erwähnt, auseinanderzuhalten die Lösung und die chemische Umwandlung.

Aus einer frischen Albumin-Lösung (Eiereiweiss und Blutserum) wird durch den künstlichen Labsaft ein geringer Theil des flüssigen gefällt, der grösste Theil dagegen bleibt in Lösung. — Gelöstes Kalialbuminat, Casein und Legumin werden, indem die alkalische Reaktion verschwindet, gefällt, der erzeugte Niederschlag löst sich aber wieder in der im Ueberschuss zugesetzten sauren Flüssigkeit. Es verhält sich also dieser Stoff gegen das Verdauungsgemisch ähnlich wie gegen eine sehr verdünnte Salzsäure. — Ungekochter Kleber, Muskel- und Blutfaserstoff werden bei gewöhnlicher Lufttemperatur von dem Verdauungsgemisch rasch gelöst. Aus diesen Stoffen, namentlich aus Kleber- und Blutfaserstoff zieht die verdünnte Säure bei niederer Temperatur bekanntlich einen Eiweisskörper aus, während der grösste Theil derselben nur aufquillt und sich sehr allmählig löst. — Gekochte Eiweissstoffe (Albumin, Muskel- und Blutfaserstoff) lösen sich ebenfalls im Verdauungsgemisch auf, während sie bei niederer Temperatur von der verdünnten Säure gar nicht angegriffen werden.

Die in dem künstlichen Labsaft gelösten Eiweissstoffe tragen noch deutliche Zeichen ihres Ursprungs; namentlich sind diejenigen Körper, welche vor dem Kochen zur Lösung kommen, dadurch ausgezeichnet, dass sie aus dem neutralisirten Verdauungsgemisch bei der Siedehitze gerinnen, während dieses die vor der Verdauung gekochten nicht thun (E. Brücke).

Die Erscheinungen, welche man während und unmittelbar nach der vollendeten Lösung wahrnimmt, gewähren den Anschein, als ob die letztere in einer durch Aufquellen veranlassten sehr feinen

Vertheilung der Eiweissmoleküle bestehe. Denn es lösen sich die Eiweissstoffe am leichtesten in einem Verdauungsgemisch von solchem Säuregehalt, der auch ohne Zusatz von Pepsin sie am vollständigsten und leichtesten quellen macht; sie lösen sich ferner um so leichter, je weniger sie durch mechanische Mittel am Quellen verhindert werden. Nach erfolgter Lösung sind die Flüssigkeiten meist trüb und polarisiren das Licht, sie enthalten also spiegelnde Partikeln (E. Brücke).

Dauert, nachdem die Lösung, resp. Vermischung des Eiweissstoffes mit künstlichem Labsaft eingetreten, die Einwirkung der letzteren noch fort, so empfangen die Eiweisskörper zunächst die Eigenschaft, welche sie auch erhalten, wenn sie unter dem Einfluss der Wärme in Salzsäure gelöst waren, namentlich werden sie jetzt aus der Lösung durch Neutralisation der Säure ausgefällt. Dieser Niederschlag führt den Namen Sättigungs-Niederschlag (Schwann, Mulder, Brücke). — Dieser Zustand dürfte bei den gekochten Eiweissstoffen und den aus Kaliverbindungen gefällten schon während der Auflösung eintreten. Beim ungeronnenen Eiweiss erfolgt sein Eintritt in der Kälte nur allmählig, bei der Blutwärme dagegen rascher.

Verweilen endlich die Eiweissstoffe mehrere Stunden oder auch Tage lang in dem künstlichen Labsaft und zwar in einer der Bluttemperatur nahestehenden Wärme, so verwandeln sie sich in die sogenannte Peptone (Schwann, Lehmann, Mialhe). — Mulder sah, dass nach einer 96 Stunden lang fortgesetzten Digestion alle bisher genannten Eiweisskörper aus der Lösung nicht mehr niedergeschlagen werden konnten durch Kochen, durch $\overline{Am}\,CO_2$, NO_5 $PbO\overline{Ac}$, Blutlaugensalz und $NaO\,SO_3$. Sie konnten dagegen gefällt werden durch Gerbsäure, Cl-Wasser, Sublimat. Der beim Eintrocknen der Lösung verbleibende Rückstand konnte durch kochenden und kalten Alkohol in drei verschiedene Körper gespalten werden, eine Thatsache, die schon Schwann erwähnte. Es scheint jedoch, als ob die Peptone, welche ursprünglich aus verschiedenen Eiweissstoffen hergestellt waren, auch Verschiedenheiten darböten; jedenfalls liessen sich die verschiedenen Eiweisskörper ungleich leicht in Peptone umwandeln. So konnte mit nur verdünnter Säure, also mit Ausschluss des Pepsins digerirt, sehr leicht in Pepton umgesetzt werden Legumin; schwieriger Muskel- und Blutfibrin; wahrscheinlich ohne Beihülfe des Pepsins gar nicht gekochtes Albumin und gekochter Kleber.

Wesentlich verschieden lauten die Angaben von Meissner. Nach ihm soll gekochtes und rohes Albumin und Muskelfibrin beim Peptonisiren zerfallen in Pepton, Meta- und Parapepton und das Casein soll ausser den genannten noch ein viertes Produkt geben, das Dyspepton *). Neben diesen Produkten bildeten sich aus allen untersuchten Eiweisskörpern noch eine grössere oder geringere Menge eines anderen Stoffgemenges (Extrakte). — Dys-, Para- und Metapepton sind gerade sowie das Pepton Endprodukte der Verdauung, d. h., es können die erstern durch noch weiter fortgesetzte Digestion mit künstlichem Labsaft nicht in Pepton umgewandelt werden; und jede Art von Eiweisskörper soll ein quantitativ besonders zusammengesetztes Gemenge jener Stoffe geben. So geben z. B. 100 Theile Muskelfibrin Pepton und Metapepton = 44,2 Th., Parapepton = 17 Th. und Extrakte = 38 Th.; — 100 Th. Casein dagegen Pepton und Metapepton = 78 Th., Parapepton = 2 Th., Dyspepton = 26 Th. — Der erstere Theil dieser Angabe, dass nämlich jene Para-, Meta- und Dyspeptone Endprodukte der Verdauung seien, ist in geradem Widerspruch mit den Erfahrungen, von Brücke und Mulder, welche bei genügender Dauer der Digestion Alles in Peptone übergehen sahen.

Die Geschwindigkeit, mit welcher die Lösung und Umwandlung der Eiweisskörper erfolgt, ändert sich mit der Art und dem Aggregatzustand der letztern, ferner mit dem Gehalt der Verdauungsflüssigkeit an Pepsin und Säure, ferner mit der Menge von Eiweissstoffen, welche in Folge der andauernden Verdauung in einem beschränkten Volum Labsaft schon in Lösung übergegangen waren, ferner mit mancherlei andern Zusätzen, welche dem Labsaft beigemengt wurden, und endlich mit der Temperatur des letztern.

Insofern das Verdauungsgemisch überhaupt auf die unlöslichen Stoffe lösend wirken soll, muss es mit Säuren, und da wir hier vorerst nur die ClH betrachten, mit dieser Säure versetzt sein. Eine ungesäuerte oder eine früher saure und dann mit KO oder NaO neutralisirte Pepsinlösung ist nicht wirksamer als reines Wasser.

---

*) Para-, Meta-, Dyspepton unterscheidet Meissner folgendermaassen:

Parapepton hat alle Eigenschaften des in einer Säure gelösten Eiweisskörpers, des oben genannten Sättigungsniederschlags, ausgenommen, dass es aus der schwach sauren Lösung nicht durch Alkohol fällbar ist.

Metapepton ist aus einer schwach sauren Lösung durch geringe Mehrung der Säure fällbar, aber nicht durch Neutralisation, sonst ist es unverändert gelösten Eiweissstoffen sehr ähnlich.

Dyspepton. Aus dem durch die Verdauung aufgelöstem Casein fällt bei weiterer Digestion ein mit Fett vermengter unlöslicher Eiweisskörper heraus; er ist etwas schwerer löslich in verdünnter Säure als das Casein; sonst theilt er die meisten seiner Eigenschaften.

Mit dem Anwachsen des Säuregehaltes nimmt die lösende Kraft der Mischung erst zu und dann wieder ab; d. h., innerhalb enger Grenzen des Säuregehaltes kommt dem Labsaft ein Maximum der Verdauungsfähigkeit zu; hat die Säure diesen Werth nicht erreicht, oder überschritten, so ist das Lösungsvermögen des Saftes vermindert. Das für die Verdauung günstigste Verhältniss zwischen Labsaft und Säure ist jedoch nicht für alle Eiweisskörper dasselbe. Für frisches Blutfibrin liegt es bei 0,8 bis 1,0 Säure auf 1000 Gr. Verdauungsgemisch (Brücke). Kleber (K. Koopmanns) und Casein (Meissner) scheint bei einem ähnlichen Gehalt an Säure am besten verdaut zu werden; gekochtes Albumin mit einem solchen von 1,2 bis 1,6 pr. Mille Säure (Brücke). Einen ähnlichen Säuregehalt scheint auch das gekochte Fibrin zu verlangen (?). —

Beispielsweise folgen zwei Tabellen aus den Verdauungsversuchen von Brücke. Die erste bezieht sich auf die Verdauung einer frischen Fibrinflocke aus Ochsenblut; die zweite auf eine kleine Scheibe aus gekochtem Eiweiss. Die Zahlen bedeuten, wie viel Säure 1000 Theile des Verdauungsgemisches enthielten. Sie sind nach der Zeit geordnet, in welcher die Auflösung beendet war; die Reihe beginnt mit derjenigen Mischung, welche am raschesten löst:

I. Fibrin.	II. Gekochtes Albumin.
0,86	1,60
0,44	3,21
1,66	0,80
2,04	6,41
2,90	12,82
3,70	20,04
0,22	
4,48	

Statt mit Salzsäure kann das Verdauungsgemisch auch durch einen Zusatz von Milch-, Essig-, Schwefel-, Salpeter- und Phosphorsäure wirksam gemacht werden; es scheint jedoch, als ob jede dieser Säuren in einem andern Verhältniss als der Salzsäure angewendet werden müsste, damit der Labsaft sein Maximum von Verdauungsfähigkeit erhalte (Valentin). Meissner giebt an, dass ein Verdauungsgemisch von 1 bis 2 pCt. wasserfreier Milchsäure noch nicht so wirksam sei als ein solches mit 0,1 bis 0,2 pCt. Salzsäure. Schwefelige und arsenige Säure sollen in jedem Verhältniss unwirksam sein; ebenso saure Salze wie namentlich der saure phosphorsaure Kalk.

Welchen Pepsingehalt die Verdauungsflüssigkeit besitzen muss, damit dieselbe mit merklicher Geschwindigkeit lösend wirke, ist unbekannt. Bekannt ist, dass weniger als 1 Theil Pepsin auf 60,000 Theile verdünnter Säure genügt, um Stücke geronnenen Eiweisses in wenigen Stunden bei Blutwärme zu verflüssigen. Beschleunigt wird die Auflösung durch eine Steigerung des Pepsinge-

haltes in der Verdauungsflüssigkeit; die Beschleunigung der Verdauung wächst jedoch langsamer als die Zunahme des Pepsingehaltes, so dass es scheint, als ob durch eine fortgesetzte Anhäufung des Pepsins in dem Labsaft die Lösungsgeschwindigkeit alsbald auf ein Maximum geführt werde, über das hinaus sie nicht noch weiter durch einen Pepsinzusatz erhöht werden kann (Brücke). Wendet man statt eines möglichst reinen ein mit andern Eiweisskörpern verunreinigtes Pepsin an, so kann sogar die Lösungsgeschwindigkeit vermindert werden, wenn der Pepsingehalt vermehrt wird. Dieser schädliche Einfluss der Pepsinvermehrung kann durch eine stärkere Ansäuerung der Flüssigkeit wieder zum Schwinden kommen. — Auch scheint es, als ob die Fähigkeit des Labsaftes, die Eiweisskörper noch weiter zu verwandeln, beeinträchtigt werden könne durch einen Pepsingehalt, der im Verhältniss zum Säuregrad des Gemisches zu gross war (Meissner).

Wie sich die Geschwindigkeit der Verdauung mit dem Gehalt des Labsaftes an Pepsin ändert, zeigen die nachfolgenden Versuche von Brücke. Sie sind bei einer Temperatur von 18⁰ bis 20⁰ C. angestellt; der aufzulösende Stoff war Fibrin, die Flüssigkeit enthielt 0,1 pCt. Säure. Der Pepsingehalt der zweiten zur Beobachtung genommenen Probe war doppelt so gross als der der erstern, der der dritten doppelt so gross als der der zweiten u. s. f. War also die Pepsinmenge der ersten Lösung x, so war die der zweiten 2x u. s. f.

I. Pepsingehalt.	Verdauungszeit.	II. Pepsingehalt.	Verdauungszeit.
x	45 Minuten	x	45 Minuten
2x	30 „	2x	20 „
4x	20 „	4x	15 „
8x	20 „	8x	10 „

Von zwei Proben flüssigen Eiweisses, die mit gleich viel Säure, aber ungleich viel Pepsin versetzt werden, wandelt sich die, welche weniger Pepsin enthält, rascher um als die andere; namentlich kann aus der, welche weniger Pepsin enthält, durch Abstumpfung der Säure schon zu einer Zeit ein Niederschlag erhalten werden, in welcher die pepsinreichere keinen gewahren lässt. Wird aber der letzten Flüssigkeit auch mehr Säure zugesetzt, so ist sie jetzt befähigt, die Umwandlung so rasch herbeizuführen wie die an Pepsin und an Säure ärmere. —

Einen Begriff von der grossen Wirksamkeit des Pepsins giebt die Erfahrung von Frerichs, welcher mit 1,2 Th. Labdrüsenextrakt, das wohl kaum zur Hälfte aus Pepsin bestand, 100 Theile trocknen geronnenen Eiweisses löste.

Die Geschwindigkeit, mit welcher die Auflösung der festen Eiweissstoffe in einer beschränkten Menge von Labsaft vor sich geht, nimmt mit der fortschreitenden Verdauung ab (Schwann). Dieses hat zwei Gründe, einmal wird die Säure unwirksam durch die in Lösung übergegangenen Eiweissstoffe; dieses wird dadurch

bewiesen, dass man von vorneherein einer sonst gut verdauenden Mischung die Lösungsfähigkeit rauben kann, wenn man ihr lösliches Eiweiss zusetzt. Sie kann wieder verdauungsfähig werden, wenn man die Säuremenge mehrt (Brücke). Durch dasselbe Mittel kann aber auch die durch die fortschreitende Verdauung selbst unwirksam gemachte Verdauungsflüssigkeit wieder wirksam werden, aber nicht für die Dauer. Denn allmählich erlischt trotz des Nachsäuerns die verdauende Kraft der Mischung, vermuthlich darum, weil auch das Pepsin unwirksam geworden.

Der Labsaft vermag ferner nur so lange die Eiweiss- und Leimstoffe aufzulösen als er Pepsin mit solchen Eigenschaften enthält, die es im frischen Zustande darbietet. Diese Bedingung wird aber aufgehoben durch die Anwesenheit von concentrirten Säuren, verdünnter Gerb-, schwefeliger, arseniger Säure, Metallsalzen, Alaun, Kreosot, concentrirtem Alkohol, durch einmaliges Kochen des Labsaftes.

Die Salze des natürlichen Labsaftes und die häufig in ihm vorkommenden Fette und löslichen Kohlenhydrate haben, so weit bekannt, im verdünnten Zustande keinen Einfluss auf den Lösungsprozess (Lehmann). Sind die Salzlösungen so concentrirt, dass sie die Quellung der zu lösenden Eiweisskörper hindern, so wirken sie schädlich.

Die Geschwindigkeit, mit welcher der Labsaft die Eiweissstoffe löst und umsetzt, wird mit der Temperatur gesteigert; bei einer zwischen 35° bis 45° C. gelegenen Wärme, also in einer der Blutwärme naheliegenden scheint er zum Maximum seiner Wirksamkeit zu gelangen.

Leim und leimgebende Gewebe löst die aus Pepsin und verdünnter ClH bestehende Mischung auf; leichter den Leim als die leimgebenden Gewebe und von diesen wieder das gekochte und das collagene rascher als das chondrigene (Frerichs). Die Auflösung verhält sich genau so wie eine auch ohne Zuthun des Pepsins verfertigte Lösung jener Stoffe in verdünnten Säuren (Mulder). Sonst gelten, so weit bekannt, alle für das Eiweiss gemachten Erfahrungen auch für den Leimstoff.

Zur Theorie der Labsaftwirkung. Der Labsaft unterscheidet sich in seinen Wirkungen von der reinen verdünnten Säure dadurch, dass er das, was die letztere langsam oder nur unter Beihilfe einer erhöhten Temperatur vollbringt, rasch und bei niederer Temperatur vollführt. Man hat also hier eine durch das Pepsin unterstützte Wirkung der Säure vor sich.

Um die Art, wie das Pepsin Hülfe leistet, noch genauer zu bestimmen, hat man seit Schwann die Annahme gemacht, dass das Pepsin ein Fermentkörper sei. Dazu wurde man bestimmt, 1) weil man dasselbe für einen Eiweisskörper hielt, die bekanntlich sehr leicht zu Fermenten werden. Aber seine Eiweissnatur ist durchaus unerwiesen, ja sie wird nach den Angaben von Mulder*) sogar unwahrscheinlich. — 2) Einen zweiten Grund für die Fermenthypothese fand man darin, dass sehr kleine Mengen von Pepsin sehr grosse Mengen von Eiweiss lösen und umwandeln können. Diese Erfahrung sagt aber nur aus, dass man es hier nicht mit einer nach Aequivalenten vor sich gehenden chemischen Verbindung zu thun habe; keineswegs aber, dass eine Gährung vorhanden sei. — 3) Eine Reihe von chemischen Körpern und physikalischen Einflüssen, welche die milchsaure und alkoholische Gährung aufheben, vernichten auch die lösende Kraft des Labsaftes; diese Analogie ist jedoch nicht vollständig, immerhin aber bleibt sie bemerkenswerth. — 4) Wie in Fermentationsgemischen, so wird auch das Verdauungsgemisch während der andauerden Lösung allmählich unwirksam. Diese Thatsache würde nur dann eine Aehnlichkeit mit der Gährung begründen, wenn erwiesen wäre, dass das Verdauungsgemisch darum seine Kräfte einbüsste, weil das Pepsin durch die fortschreitende Verdauung zerstört wurde. Dieses wäre aber um so nothwendiger, da noch eine andere Erklärung für jene Thatsache vorliegt, die nämlich, dass die in Auflösung gekommenen Eiweisskörper eine schädliche Wirkung ausüben. — Bedenkt man Angesichts dieser geringen Beweismittel, dass dem Pepsin die Fähigkeit abgeht, sich während der Verdauung neu zu erzeugen (p. 360), wie es doch die Fermenten während der Gährung thun, so wird man zum Mindesten eingestehen müssen, dass die Hypothese von Schwann nicht erwiesen ist.

Dasselbe gilt von einer zweiten Unterstellung, welche annimmt, dass das Pepsin mit der Salzsäure sich zu einer besondern Säure, dem Chlorpepsinwasserstoff, gepaart habe (Schmidt), welcher ein vorzügliches Lösungsmittel für Eiweissstoffe sei. Da auf direktem Weg das Dasein einer solchen Säure nicht bewiesen wurde, so erschloss man ihr Vorhandensein aus der Beobachtung, dass ein gewisser Gehalt des Labsaftes an Pepsin auch ein gewisses Säuremaass fordere, damit das Gemisch lösungskräftig wird (Meissner).

*) Archiv für holländ. Beiträge. II. Bd. 9.

Wie dieses aber für das Bestehen und die Wirksamkeit der hypothetischen Säure etwas beweisen kann, ist unklar. Denn wenn auch beim Vorhandensein überschüssigen Pepsins nicht die ganze Menge desselben in die gepaarte Säure eingeht, so musste doch der wirklich gebildete Antheil der letzten lösend wirken. Diese Thatsache kann viel eher bedeuten, dass das in das Gemisch gebrachte Pepsin nicht rein, sondern mit Eiweisskörpern vermengt war; unter dieser Voraussetzung würde die Erfahrung mit der andern zusammenfallen, dass ein Zusatz von frischem Eiweiss auch eine sonst wirksame Verdauungsflüssigkeit abtödten kann.

B. Magenschleim. Der aus den Schleimdrüsen des Magens gepresste Saft, wie auch der wässerige Auszug derselben verhält sich neutral und angesäuert indifferent gegen Eiweiss- und Leimstoffe (Wassmann, Goll). Wie er sich gegen die übrigen Nahrungsmittel stellt, ist unbekannt.

Verdauung mit natürlichem Magensaft ausserhalb des Magens. Das Saftgemenge, wie es aus Magenfisteln beim Menschen und Thiere gewonnen werden kann, verändert unter gar keinen Umständen: Fette, Gummi, Pektin, Cellulose, elastisches und horniges Gewebe. Gegen andere einfache Nahrungsstoffe verhält es sich je nach seinen Eigenschaften verschieden.

a. Alkalischer Magensaft; abgesehen von zurückgetretener Galle und von Bauchspeichel kann er bestehen aus reichlich abgesondertem Schleimsaft, namentlich bei Magenkatarrh; aus einem Gemenge von viel verschlungenem Kopfspeichel mit neutralem oder saurem Labsaft; vielleicht auch aus einem von den oberflächlichen Magengefässen gelieferten Exsudat; F. Hoppe vermuthet, dass das Letztere vorkomme, wenn eine concentrirte Kochsalz- oder Zuckerlösung in den Magen gebracht wird. Die Benutzung eines solchen Gemenges zu Verdauungsversuchen hat so lange keinen rechten Werth, als man nicht in jedem Fall seine Zusammensetzung angeben kann. Wollte man mit einem solchen Gemisch Versuche anstellen, so würde es vortheilhafter sein, es künstlich zusammenzusetzen.

Der alkalische Saft des nüchternen Magens, der, wahrscheinlich vorzugsweise aus Speichel besteht, verhält sich dem Amylon und Zucker gegenüber wie gemischter Speichel; die ungekochte Stärke greift er nicht an, die gekochte verwandelt er in Zucker und diesen (Rohr-, Trauben-, Milchzucker) in Milchsäure. Der beim Magenkatarrh abgesonderte schleimige Saft wandelt Rohrzucker in Traubenzucker um (Köbner). — Ueber die Folgen, welche für

die festen Eiweissstoffe aus der Berührung mit dem alkalischen Magensaft hervorgehen, widersprechen sich die Erfahrungen. Nach Bidder und Schmidt*) verhält sich der neutrale oder alkalische Magensaft des Hundes, vorausgesetzt, dass er als solcher aus dem Magen genommen wurde, gleichgültig gegen die genannten Stoffe; nach Versuchen von Schröder**) mit menschlichem Magensafte ist dagegen die alkalische Reaktion durchaus nicht hinderlich der raschen Auflösung des gekochten Hühnereiweisses und Fleisches. Diese letztere, allen künstlichen Verdauungsversuchen so sehr widersprechende Thatsache, scheint auf einen grundsätzlichen Unterschied zwischen der künstlichen oder natürlichen Verdauung oder mindestens auf eine bedeutende Lücke in unsern Kenntnissen über die Natur der menschlichen Magensäfte schliessen zu lassen. Vielleicht erklärt sich die Erscheinung auch dadurch, dass Darmsäfte, die bei alkalischer Reaktion verdauen, in den Magen zurückgestiegen waren.

b. Der saure Magensaft, ein Gemenge, in welchem der Labsaft überwiegt, ist um so weniger geeignet, gekochtes Amylon und Zucker umzuwandeln, je relativ weniger Speichel er enthält; in saurem Magensaft geht also die bezeichnete Umwandlung langsam und in recht saurem so gut wie gar nicht mehr vor sich. Stumpft man die Säure ab, so gewinnt er dagegen wieder die Fähigkeit, Zucker in Milchsäure überzuführen (Frerichs). Rohrzucker vermag er weder vor noch nach der Neutralisation in Traubenzucker zu verwandeln (Köbner). — Eiweissstoffe löst er; die Versuche von Bidder und Schmidt an Hunden und von Schröder am Menschen geben übereinstimmend an, dass im Allgemeinen ein saurer Magensaft um so reichlicher gekochtes Eiweiss und Fleisch auflöst, je mehr er Kali zu seiner Sättigung bedarf, mit anderen Worten, je saurer er ist. Wird die Säure abgestumpft, so büsst der Magensaft des Hundes und wie es scheint auch der des Menschen sein Vermögen ein, auflösend auf Eiweissstoffe zu wirken.

Hundert Theile natürlichen Magensaftes vom Hunde waren im Stande, höchstens 4,0 Theile (Schmidt und Bidder), 100 Theile des sauren menschlichen Magensaftes höchstens 0,4 Theile (Schröder) trockenen Eiweisses zu lösen.

Bidder und Schmidt stellten ihre quantitativen Verdauungsversuche in der Weise an, dass sie durchfeuchtete Eiweiss- und Fleischstücke von bekanntem Gehalte

*) l. c. p. 79. Vers. XIV.

**) l. c. p. 18. Vers. III. 3. IV. VIII. 1. 2. u. s. w.

an festem Rückstand bei einer Temperatur von 40° C. so lange mit verschiedenen Proben bekannter Gewichtsmengen von Magensaft in Berührung liessen, als dieser noch irgend etwas aus ihnen zu lösen vermochte. Darauf wurde der ungelöst gebliebene Antheil filtrirt und getrocknet. Man erhielt damit das Gewicht des aufgelösten. Den Säuregehalt bestimmten sie aus der Menge von Kali, welche nothwendig war, um den Saft vollkommen zu neutralisiren. Wenn die freie Säure, wie beim Hunde, nur aus Chlorwasserstoff besteht, so ergiebt sich allerdings die Menge dieser letzteren, wenn aber, wie beim Menschen, die freien Säuren aus verschiedenen gemengt sind, so genügt natürlich dieses Verfahren nicht (Schröder). Zu den oben zusammengestellten Thatsachen muss wiederholt bemerkt werden, dass selbst der Magensaft des Hundes sich nicht in dem direkten Verhältnisse als eiweissauflösend erweist, in welchem er Kali zu seiner Neutralisation bedarf.

Natürliche Magenverdauung. Die Verdauungsresultate der Nahrungsmittel im lebenden Magen des (Hundes oder Menschen) bestätigen meistens die der künstlichen Verdauung. So ist z. B. erklärlich, dass der Magen nach dem Genusse gekochten Amylons bald Zucker enthält (Frerichs, Lehmann, Bouchardat, Sandras u. A.), bald auch, dass er ihm fehlt (Blondlot, Schmidt u. A.), weil je nach dem Ueberwiegen des Labsaftes oder Speichels die Umwandlung der Stärke geschehen oder unterbleiben muss. Aehnlich verhält es sich mit der Umwandlung des Trauben- und Rohrzuckers in Milchsäure, welche zuweilen beobachtet (Frerichs, Lehmann, Bouchardat), zuweilen vermisst ist (Frerichs, Schmidt); allerdings scheint das letztere häufiger zu sein, wie erklärlich, weil schon eine geringe Beimengung von Labsaft dem Speichel das umwandelnde Vermögen zu entziehen vermag. — Der Rohrzucker wird im gesunden Hundemagen niemals in Traubenzucker verwandelt; findet man den letztern nach dem Genuss des Rohrzuckers, so ist jedesmal eine andere Quelle desselben nachzuweisen (Köber).

Sehr merkwürdig, aus den vorliegenden künstlichen Verdauungsversuchen vollkommen unverständlich, sind die Beobachtungen von Frerichs*) und Schmidt, wonach zuweilen Buttersäure-, zuweilen auch schleimige und Alkoholgährung im Magen vorkommen kann; das Auftreten der beiden letzteren war aber auch immer mit Krankheitszuständen verknüpft. Vereinzelt steht noch die Angabe von Marcet**), dass im Magen der Hunde, die mit neutralen Fetten gefüttert wurden, Fettsäuren auftreten sollen.

Eiweissstoffe und insbesondere gekochtes Hühnereiweiss, werden im Magen rascher aufgelöst, als ausserhalb; dieses lässt sich ab-

*) l. c. 803.

**) Medical Times and Gazette 1858.

leiten aus mancherlei Gründen, z. B. aus der stetigen Erneuerung des Magensaftes, aus der Entfernung der mit dem umgewandelten Eiweiss geschwängerten Lösung durch den Pylorus, dem Umrühren des Mageninhaltes in Folge einer Bewegung der Wandung u. s. w. Die Beobachtungen hierüber, welche von Bidder und Schmidt am Hunde, von Schröder am Menschen angestellt sind, lehren auch, dass Eiweissstücke, die in einen Magen gelegt werden, der vor 12 bis 20 Stunden die letzte Mahlzeit aufgenommen hatte, in den ersten 2 Stunden ihres Aufenthaltes weit mehr an Gewicht verlieren, als in den 2 darauf folgenden Stunden, und in diesen wieder mehr als in 2 auf diese kommenden. Daraus folgt, dass in einem Magen, der einige Zeit geruht hat, die zur Verdauung des Eiweisses nöthigen Bedingungen am mächtigsten wirken. — In Uebereinstimmung mit seinen künstlichen Verdauungsversuchen fand C. Koopmanns, dass, wenn gekochtes Eiweiss, roher und gekochter Kleber in Säckchen eingeschlossen, durch den Mund in den Magen gebracht würden, von beiden immer ungleich viel aufgelöst wurde. Bald war der Kleber, bald das Eiweiss in der Lösung weiter vorgeschritten.

Die Frage, ob die verflüssigten Eiweissstoffe im Magen in Peptone umgewandelt werden, oder ob sie, bevor es geschehen, schon von dort entfernt sind, kann nicht vollkommen beantwortet werden. Sicher ist, dass das verzehrte flüssige Albumin noch als solches jenseits des Pylorus angetroffen wurde und zwar so wenig verändert, dass es nicht einmal den Sättigungsniederschlag gab. Gehen die verflüssigten Eiweissstofie immer so rasch durch den Magen, wie es in dem später zu erwähnenden Fall einer Dünndarmfistel geschah (Busch), so würden selbst Caseinlösungen, die sich nach Meissner am schnellsten zu Peptonen bilden, nicht Zeit haben, um jene Umwandlungen zu erleiden.

Ueber die Veränderungen, welche die gemischten Nahrungsstoffe (Speisen) im lebenden Magen erfahren, besitzen wir zuverlässige Beobachtnngen nur von Frerichs und Schröder. Das Thatsächlichste ihrer Untersuchungen ist kurz folgendes. Aus der in den Magen gebrachten Milch gerinnt rasch der Käsestoff, darauf verlässt das Milchserum, ob durch die Wandung oder den Pylorus ist ungewiss, die Magenhöhle, so dass ein aus Käsestoff und Fett bestehender Klumpen zurückbleibt, der allmählich von der den Magenwänden zugekehrten Fläche gegen sein Centrum hin verändert wird. Eine genauere Untersuchung der veränderten Massen

lässt erkennen, dass die Wände der Milchkügelchen aufgelöst werden, während das Fett des Inhaltes zu grösseren Tropfen zusammenfliesst, ohne dass es eine chemische Veränderung erfährt. Die Kalksalze der Milch lösen sich auf. — Das Muskelfleisch zerfällt nach Auflösung des Bindegewebes in die einzelnen Muskelröhren; dieselben zerbröckeln sich dann in kurze Stückchen, deren Länge dem Abstande zweier benachbarten Querstreifen entspricht; der Muskel wird also in seine Scheiben zerlegt. Diese letztern werden allmählich aufgelöst, jedoch niemals vollkommen, selbst wenn man sie durch eine Hülle, durch welche sie eingeschlossen werden, zwingt, möglichst lange in dem Magen zu verweilen (?). Die aus dem Muskel hervorgehende Lösung zeigt zuweilen die Eigenschaft, durch die Hitze zu gerinnen, zuweilen aber fehlt auch dieselbe. Kalbfleisch löst sich rascher, als Ochsenfleisch (Schröder). Gekochtes oder gebratenes Fleisch erfährt die bezeichnete Umwandelung rascher als rohes; nach Frerichs darum, weil der Magensaft leichter in die Zwischenräume eindringen kann. Diesem entgegen beobachtete Schröder, dass vom menschlichen Magensafte ausserhalb des Magens das rohe Fleisch rascher aufgelöst werde. — Die Kalksalze lösen sich auf und werden zum Theil aus ihrer Verbindung mit den Eiweisskörpern getrennt, wie sich daraus ergiebt, dass dieselben durch Neutralisation der sauren Lösung gefällt werden. — Aus den Knochen wird die leimgebende Substanz aufgelöst, während der grösste Theil der Kalksalze als eine krümliche Masse ungelöst bleibt; ihr Verhalten im Magensafte gleicht also durchaus nicht dem in einer verdünnten Säure (?). — Das Amylon des Brodes wird in Dextrin und Zucker umgesetzt, wenn aber, wie häufig, das Brod nicht ausgebacken ist, so dass es noch rohe, von der Hitze nicht alterirte Amylonkörner enthält, so werden diese von dem Magen nicht angegriffen; die Eiweissstoffe des Brodes lösen sich. — Hülsenfrüchte und Kartoffeln erfahren dieselbe Umwandlung, aber langsamer und meist auch unvollkommener, weil die holzige Zellenmembran, welche das Amylon und die Eiweissstoffe umschliesst, dem Eindringen der auflösenden Säfte einen Widerstand entgegensetzt. Die das Amylon der Kartoffeln umschliessende Zellhaut findet sich häufig, trotzdem dass ihr Inhalt verschwunden ist, noch unverletzt. Da die Kartoffeln vorzugsweise häufig eine Stärke enthalten, welche nicht in den aufgequollenen Zustand versetzt ist, so findet sich oft Tage lang nach dem letzten Genusse dieser Speise noch unveränderte Stärke im Magen des Menschen.

Von der Verdaulichkeit der Speisen im Magen. Berücksichtigt man bei der Frage nicht die Zeit, sondern nur überhaupt, ob eine oder die andere Speise im Magen gelöst werden könne, so beantwortet sie sich aus dem Vorstehendem von selbst. Wollte man aber feststellen, welche Gewichtsmengen dieser oder jener Speise in der Zeiteinheit aufgelöst werden, so würde man offenbar angeben müssen: die chemische Zusammensetzung, den Aggregatzustand, die Vertheilung und Mengung der Speisen mit anderen unverdaulichen Stoffen; ferner den jeweiligen Gehalt des Magensaftes an Speichel, Pepsin, Säure, Wasser u. s. w., die Geschwindigkeit der Absonderung, den Wechsel der Zusammensetzung der Säfte mit der Absonderungszeit und vielleicht noch manches Andere. Demnach lässt sich über die gestellte Frage nicht allein für jetzt gar nichts aussagen, sondern es fällt dieselbe demnächst auch gar nicht in das Bereich des vernünftigen Experimentes, da man die geforderten Bedingungen zur Erzielung der Vergleichbarkeit weder constant, noch messbar variabel machen kann.

Missbräuchlich hat man aber auch unter Verdaulichkeit die Aufenthaltszeit der Speisen im Magen verstanden, welche in gar keiner Beziehung zur Auflöslichkeit zu stehen braucht, da ja auch vollkommen unverdauliche den Magen verlassen. In diesem Sinne nimmt die Verdaulichkeit nur Rücksicht auf den Druck, unter dem die Speisen in dem Magen liegen, und den Widerstand im Pförtner. Die Mittheilungen, die über die Verdaulichkeit in diesem Sinne gemacht worden, sind bei Frerichs*) nachzusehen, welcher sie zuerst auf ihren wahren Werth zurückgeführt hat.

Der Chymus oder der Speisebrei, welcher durch den Pförtner den Magen verlässt, verdient schliesslich noch einige Aufmerksamkeit. Unter Voraussetzung einer Nahrung aus gekochten Mehl-, Eiweiss- und Leimarten, Fetten, Blutsalzen und Wasser, gemengt mit Holzfaser, Horn- und elastischen Stoffen, Kieselsäure u. s. w., wird der Chymus einen Brei darstellen, der bald mehr, bald weniger Flüssigkeit enthält; die Menge dieser letzteren wird sich ändern mit dem Gehalte der Speise an Wasser, dem Ergusse von Verdauungssäften in den Magen und der Löslichkeit der Nahrungsstoffe in den Magensäften. Hier muss jedoch schon angemerkt werden, dass nicht die ganze Menge von Flüssigkeit, welche in den Magen geliefert wurde, diesen letzteren auch wieder durch den

*) l. c. 817.

Pförtner verlässt, weil in die Venen- und Lymphgefässe desselben sogleich ein Theil jener Flüssigkeit eintritt. Die unaufgelösten Bestandtheile des Breies werden ihrer Grösse nach variiren mit der Zerkleinerung, welche die festen Nahrungsmittel durch die Zähne erfahren haben, mit dem Vermögen der Magensäfte die Speisen anzufressen, und dem Widerstande, den der Pförtner bei gegebenen Bewegungen der Magenmuskeln zu leisten vermag. — Die Zusammensetzung der Chymusflüssigkeit wird sich immer charakterisiren durch ihren Gehalt an Säuren und je nach den genossenen Nahrungsmitteln an Zucker, Dextrin, Eiweisstoffen, Leim und Fetten; die ungelösten Stoffe werden dagegen bestehen zum Theil aus ganz unlöslichen Bestandtheilen, Holzfasern, Epithelialschuppen, elastischen Geweben, Kieselsäure, Kalkerde u. s. w., zum Theil auch aus löslichen, aber noch nicht gelösten Speiseresten, insbesondere aus Fleisch-, Eiweiss- und Bindegewebsstückchen, aus Amylon und Krümeln von Kalksalzen. Daraus geht hervor, welch mannigfaltige Gestaltung dem Chymus zukommen kann.

3. Flüssigkeiten des Dünndarmes.

Künstliche Dünndarmverdauung. a. Die von Schleim und Farbstoff befreiten gallensauren Salze des Ochsen vermögen das gekochte und rohe Amylon sehr allmählig in Traubenzucker umzuwandeln — das hyocholinsaure Natron ($C_{54} H_{43} N_1 O_{10}$) der wesentliche Bestandtheil der Schweinegalle löst rohes Amylon leicht auf (Nasse)*). — Der in der gereinigten Ochsengalle aufgelöste Zucker erleidet keine Veränderung (Lehmann). — Die frischen Blutkörperchen der Menschen, Säugethiere und Vögel werden durch die gallensauren Salze leicht aufgelöst (Kühne)**).

b. Die Blasengalle (Galle und Schleim) setzt den Zucker unter den Erscheinungen der Fäulniss sehr allmählich in Milchsäure um (Meckel, Schiel); Fettsäuren löst sie in geringer Menge, während sie die neutralen Fette unverändert lässt. Eine Einwirkung auf die anderen Speisen ist nicht beobachtet.

c. Ein reichlicher Zusatz von Galle zu dem Magensafte raubt diesem die Befähigung, geronnene Eiweisskörper aufzulösen; geschieht die Beimischung nach vollendeter Auflösung, z. B. zu der durch Filtration von dem Chymus geschiedenen Flüssigkeit, so wird die Fäulniss, welche sonst leicht in der Flüssigkeit eintritt, ge-

*) Archiv für gemeinschaftliche Arbeiten. IV. 445.

**) Archiv für patholog. Anatomie. XIV. 310.

hemmt (H. Hoffmann). Die Galle soll in diesem Falle nach den Angaben von Scherer und Frerichs auch dem aufgelösten Eiweisse seine Fähigkeit, durch Hitze zu gerinnen, wiedergeben, eine Thatsache, die von Lehmann und Schmidt bestritten wird.

d. Der reine Bauchspeichel und der Pankreasauszug verwandeln das rohe (?) und gekochte Amylon sehr rasch in Zucker (Valentin*), Bouchardat, Sandras); diesen selbst aber nicht in Milchsäure (Lassaigne): der Bauchspeichel zerlegt bei Gegenwart freier Alkalien die neutralen Fette auf dem Wege der Gährung in Oelsüss und Fettsäuren (Bernard); mit den Fetten geschüttelt emulsirt er sie permanent, d. h. es bleiben die durch Schütteln entstandenen Fetttröpfchen getrennt (Eberle, Bernard).

Zu künstlichen Verdauungsversuchen der Eiweissstoffe**) benutzt man verschiedene aus dem Pankreas abstammende Produkte namentlich den natürlichen aus dem Gang aufgefangenen Saft, oder den wässerigen Auszug aus der Drüsenmasse eines nüchternen oder eines zuvor gefütterten Thieres, oder endlich die wässerige Auflösung des Pankreatins. Der letztere Name bezeichnet einen nicht näher umschriebenen Körper, der durch PbOAc aus dem Wasserauszug der Drüse niederzuschlagen ist, und der darauf als eine in Wasser lösliche Substanz durch Zerlegung des Bleiniederschlags wieder gewonnen werden kann; ein andermal nennt man auch Pankreatin die durch Alkohol aus dem wässerigen Pankreasinfusum gefällten Gemenge (Corvisart).

Gekochtes Eiweiss, Muskel und Blutfibrin, gefälltes Casein, der Sättigungsniederschlag des in künstlichem Labsaft gelösten vorher geronnenen Eiweisses, beziehungsweise das Parapepton dieses letzteren und das Dyspepton des Caseins werden gelöst, und nachdem dieses geschehen, in peptonähnliche Körper umgewandelt durch die wässerige Lösung des Pankreatins, vorausgesetzt, dass dieselbe sehr schwach angesäuert und das Pankreatin aus der Drüse eines in Verdauung begriffenen Thieres, namentlich des Schweines ausgezogen ist (Purkinje, Pappenheim, Corvisart, Meissner). Die Auflösung des geronnenen Eiweisses scheint langsam vor sich

---

*) Lehrbuch der Physiologie. 2. Aufl. I. 356.

**) Frerichs, Handwörterbuch der Physiologie. III. 1. Abth. 848. — Corvisart, Sur une fonction peu connue du Pancréas. Paris 1858. — Meissner, Henle und Pfeufers Zeitschrift. 3. Reihe. VII. Bd. 17. — Derselbe, Verhandlungen der naturforschenden Gesellschaft zu Freiburg im Br. Juli 1859. — Keferstein und Hallwachs, Göttinger Nachrichten. 1858 Stück 14. — O. Funke, Schmidt's Jahrbücher. Bd. 101. p. 155. — Skrebitzki, Ibid. 105. Bd. 153. — Schiff, ibid. 269.

zu gehen und es greift der Verdauungssaft die Oberfläche des Eiweisswürfels nicht gleichmässig an, denn dieselbe wird während der fortschreitenden Lösung höckerig (Meissner). Während der eintretenden Lösung verliert auch das Pankreasferment seine Fähigkeit, durch Kochen zu gerinnen.

Wie das Pankreatin verhält sich auch der wässerige Auszug des Pankreas, der von einem in Verdauung begriffenen Thiere gewonnen wurde; dieser Auszug reagirt bekanntlich (durch Milch- oder Buttersäure? p. 351) schwach sauer. Angesäuerter Bauchspeichel des Esels verdaute kein Eiweiss (Frerichs), der des Schweines war es im Stande (Meissner).

Das neutrale oder alkalische Extrakt des Pankreas, und ebenso der natürliche Bauchspeichel lösen die Eiweisskörper nicht (Keferstein, Hallwachs, Meissner), führen aber sehr leicht Fäulniss herbei (O. Funke). Wenn dieses geschehen, so löst der Bauchspeichel vermöge seines KO-Gehaltes feste Eiweisskörper auf (Skrebitzki).

Collagene Gewebe werden durch das Pankreasextrakt ebenfalls gelöst (Corvisart).

Das Ferment des Bauchspeichels, welcher Amylon und Fette umwandelt, kann nicht identisch sein mit demjenigen unbekannten Körper, welcher die Auflösung der Eiweissstoffe besorgt. Denn der Bauchspeichel führt zu allen Zeiten die erstgenannten Umwandlungen aus, während ihm die letztre nur unter gewissen Umständen gelingt. — Aber auch die Bedingungen, welche die Auflösung der Albuminate herbeiführen, müssen unter sich verschieden sein; Meissner sah, wie erwähnt, jene Auflösung nur durch das schwachsaure Extrakt erfolgen, Corvisart, Schiff, auch durch das neutrale und schwach alkalisch reagirende; auch die Umwandlungen, welche die Eiweissstoffe nach der Lösung erfahren, sind noch sehr wenig aufgeklärt. Siehe die Kritik der Peptonbildung durch den pankreatischen Saft bei Brücke l. c.

e. Künstliche Verdauung durch ein Gemenge von Labsaft und Bauchspeichel. — Dieses Gemisch löst die Albuminate langsamer und weniger umfangreich auf, als es jeder Bestandtheil für sich thut. — Das durch künstlichen Labsaft aufgelöste geronnene Eiweiss soll, wenn es während 6 Stunden mit Bauchspeichel digerirt wurde, seine Fällbarkeit durch Kochen wieder gewinnen (Frerichs). Die Peptone, welche die Labsaftverdauung aus den Eiweisskörpern bildete, werden durch den Bauchspeichel nicht weiter verändert (Corvisart). Die Angaben von Frerichs und Corvisart können aufgefasst werden als sich widersprechende, oder sie können auch neben einander bestehen, wenn die Eiweissstoffe, welche Frerichs dem Bauchspeichel zusetzte, noch nicht bis zu Peptonen verändert waren.

f. Künstliche Verdauung durch ein Gemenge von Labsaft, Galle und Bauchspeichel. — Frerichs erwähnt, dass, wenn er das im Labsaft verdaute Eiweiss mit Galle und pankreatischem Saft digerirte, sich die Galle nach 24 Stunden als eine harzige Masse zu Boden setzte. Die über diesen Niederschlag stehende klare Flüssigkeit wurde durch Kochen stark getrübt.

g. Zur künstlichen Verdauung mit Darmsaft sind benutzt worden: der aus dem Darm nach der Methode von Frerichs oder Bidder (p. 365) gewonnene Saft; wohlabgewaschenene Stückchen von Darmschleimhaut; oder wässerige Auszüge aus der letztern.

Gekochtes Amylon geht bei der Digestion in Traubenzucker, Milch und Buttersäure über (Frerichs, Pelouze). Mannit verwandelt sich in Milchsäure (Witte). — Geronnenes Eiweiss wird gelöst (Bidder, Schmidt, Kölliker, H. Müller). — Citronsaures, weinsaures, äpfelsaures Kali und Natron verwandeln sich in kohlensaure Salze (Kerkow, Magawly).

Natürliche Dünndarmverdauung. Da die Drüsen, welche ihren Inhalt in den Dünndarm schicken, nicht an demselben Orte einmünden, so bietet sich hierdurch die Gelegenheit, die Leistungen derselben, sowohl einzeln als in mancherlei Combinationen, aufzuhellen. Insbesondere gelingt es innerhalb des Thieres zu isoliren die Wirkung des Darmsaftes und zu verbinden die des Darm- und Magensaftes (nach Unterbindung des Gallen- und Pankreasganges), des Darm- und Magensaftes mit der Galle oder dem Bauchspeichel, des Darmsaftes mit der Galle oder dem Bauchspeichel, oder mit beiden (nach Unterbindung der horizontalen Abtheilung des Zwölffingerdarmes). Demnach lässt sich über alle denkbaren Combinationen verfügen, mit Ausnahme derjenigen, welche eine Elimination des Darmsaftes verlangen.

a. Die verdauenden Kräfte des menschlichen Darmsafts*) hat Busch mittelst einer Darmfistel, die sich am obern Theil des Dünndarmes, vielleicht kurz hinter dem Zwölfingerdarm, fand, beobachtet. Aus der obern, dem Magen zugewendeten Oeffnung des Darms traten alle Flüssigkeiten, welche vom Magen und Zwölffingerdarm herabströmten, vollkommen aus, sodass in das untere in den After ausmündende Darmstück auch nicht eine Spur von oben her gelangte. Die Stoffe, deren Verdauung geprüft werden sollte, konnten also durch die untere Mündung des künstlichen Afters in das mit dem Dickdarm verbundene Dünndarmstück eingeführt werden und hier, entweder in Tüllbeutel eingeschlossen nahe an der Einführungs-

*) Busch, Archiv für patholog. Anatomie. XIV. 140.

stelle fest gehalten und dann nach beliebiger Zeit wieder hervorgezogen werden, oder man konnte die Nahrungsmittel auch durch das ganze untere Darmende, das aus einem grossen Theil des Dünndarms und dem ganzen Dickdarm bestand, wandern lassen und aus dem gebildeten Koth die vor sich gegangene Verdauung erschliessen.

Nach beiden Methoden ergab sich, dass gekochte Eiweissstoffe (Fleisch und Eier) unter Entwickelung von Ammoniak und Fäulnissprodukten aufgelöst wurden; rascher, wenn sie durch den ganzen Darm wanderten, langsamer, wenn sie in Tüllbeutel aufgehängt waren. Die Fäulniss, welche in den gekochten Eiweissstoffen schon nach 6—7 Stunden sehr merklich war, muss von einer Gegenwirkung zwischen dem Darmschleim und den Albuminaten bedingt sein, da keiner dieser Stoffe für sich in so kurzer Zeit fault.

Gekochte Stärke geht leicht in Traubenzucker über und im Koth ist weder sie noch der Traubenzucker zu finden, selbst wenn nicht unbeträchtliche Mengen derselben durch die Fistelöffnung eingingen. — Rohrzucker bleibt dagegen ungeändert. Die Butter und der Leberthran, die nach längerm Aufenthalt im untern Darmstück (bis zu 10 Tagen) im Koth wieder erschienen, rochen nach Buttersäure, dem Anblick nach waren sie theils unverändert, theils aber krystallinisch geworden.

Ausser dieser Beobachtung, die auch für Versuche an Thieren als methodischer Prototyp gelten muss, sind noch andere bekannt, bei welchen man aus der geöffneten Unterleibshöhle eines Thiers eine Darmschlinge hervorzog, sie von ihrem Inhalt reinigte, oben und unten abband oder abklemmte und dann die frische Speise in dieselbe brachte. Nachdem auch die hierzu nöthige Oeffnung zugebunden war, wurde die Schlinge in die Unterleibshöhle zurückgeführt (Frerichs, Bidder und Schmidt).

In einer solchen Schlinge verwandelt sich Kleister rasch in Zucker und Milchsäure und die unlöslichen Modifikationen der Eiweiss- und Leimstoffe in lösliche.

Durch diesen Versuch würde man das Verhalten des Darmsaftes gegen die frischen Speisen für aufgeklärt ansehen dürfen, wenn nicht die Befürchtung nahe läge, dass die der Operation folgenden Störungen des Blutlaufes in der Unterleibshöhle die normale Darmabsonderung vollkommen änderten. Die Beobachter geben zwar an, dass mindestens noch einige Stunden unmittelbar nach Eröffnung der Bauchhöhle ein unveränderter Darmsaft abgesondert werde, sie bringen dafür jedoch keinen andern Beweis als den vor, dass 4 bis 6 Stunden nach dem Bauchschnitte die Entzündung und ihre Folgen erst im Maximum sichtbar seien.

b. Wenn man nach Unterbindung des Gallen- und Bauchspeichelganges aus einer am Dünndarme angelegten Fistel den Speisebrei schöpft, so findet man, dass das Fleisch und die Amy-

laceen ungefähr ebenso verändert sind, als sie es gewesen sein würden ohne Abschluss der beiden Drüsensäfte (Bidder und Schmidt)*). War es nicht zur Bildung von Milchsäure gekommen, so reagirte der Speisebrei alkalisch, was man nach Ausschluss des stark alkalischen Pankreassaftes kaum erwartet hätte.

c. Die vereinigte Wirkung der Galle, des Bauchspeichels und Darmsaftes oder auch nur die des Bauchspeichels und Darmsaftes auf die frischen Speisen suchte man zu ermitteln, indem man das Duodenum noch über der Leber- und Pankreasmündung abband (Bidder und Schmidt)**), oder auch zugleich den Gallengang verschloss (Corvisart), im Uebrigen aber gerade wie bei Benutzung jeder andern Darmschlinge verfuhr. Die Ergebnisse der Versuchsreihen waren denen unter a sehr ähnlich, nur insofern zeigte sich ein Unterschied, als in der vorliegenden dieFälle relativ häufiger sind, in welchen die Auflösung der Eiweissstoffe sehr weit vorgeschritten war.

Bei der bekannten Eigenthümlichkeit des Pankreas, seine Absonderung für einige Zeit nach Eröffnung der Bauchhöhle einzustellen, ist es fraglich, ob die angegebene Operation den gewünschten Erfolg bedingte.

d. Die combinirte Einwirkung der Galle, der Magen- und Darmsäfte auf die Speisen wird erzielt, wenn man entweder das Pankreas ausschneidet oder seine Ausführungsgänge unterbindet. — Die überwiegende Mehrzahl der Beobachter (Bidder und Schmidt, Weinmann, Herbst u. A.) fand das Zusammenwirken jener Säfte gerade so erfolgreich, als ihre Verbindung mit dem Bauchspeichel; insbesondere zeigte sich der aus dem After gestossene Koth nicht reichlicher und nicht anders beschaffen, als wenn die Operation unterblieben war.

e. Bauchspeichel, Magen- und Darmsäfte, welche nach Ableitung der Galle aus einer Blasenfistel auf den Darminhalt wirken, erzeugen ebenfalls eine vollkommene Verdauung; es scheint aber, als ob die Anwesenheit der Galle mancherlei weitere Umsetzungen der aufgelösten Stoffe verhindere, die bei ihrer Abwesenheit vor sich gehen; im letztern Fall bilden sich viel Darmgase und ein sehr unangenehm riechender Koth.

f. Die verwickeltste Zusammenstellung der verdauenden Flüssigkeiten endlich, die nämlich, bei welcher in zeitlicher Reihenfolge

*) l. c. p. 271.
**) l. c. p. 276.

auf die Speisen zuerst sämmtliche Säfte wirken, welche in den Magen, und dann die, welche in den Dünndarm ergossen werden, erzielt rücksichtlich der Auflösung der Speisen kein anderes Resultat, als alle vorerwähnten einfacheren Combinationen; auch hier werden die Leimarten, die Albuminate und das Amylon zur Auflösung in Wasser geschickt gemacht.

Chymus des Dünndarms. Die Fortschritte, welche die Verdauung macht, gestalten sich wesentlich verschieden je nach der Aufenthaltszeit der Speisen in dem Dünndarm. Ueber diesen Punkt konnte Busch in seinem schon oben erwähnten Fall Erfahrungen sammeln. Wegen ihrer grossen praktischen Wichtigkeit müssen dieselben hier kurz zusammengestellt werden.

Schon kurze Zeit nach der Einführung der Nahrungsmittel in den Mund begannen dieselben wieder aus der obern dem Magen zugekehrten Fistelöffnung zu erscheinen. So kamen nach Vollendung der Mahlzeit an: die ersten Stücke gekochten Eies 20 bis 35 Min., Fleischstücke 22 bis 30 Min., Rüben, Kohl, Kartoffeln 12 bis 19 Min., aber erst 3 bis 4 Stunden nach einer reichlichen bei Tage genossenen Mahlzeit war der Ausfluss der Speisestücke vollendet. War dagegen die Nahrung spät am Abend genommen worden, so ging dieselbe nur theilweise alsbald wieder ab, die Reste derselben kamen erst am andern Morgen zum Vorschein, weil während der Dauer der Nacht die Bewegungen des Magens unterbrochen waren. — Die Menge von Flüssigkeit, welche aufgefangen werden konnte, richtete sich nach der Menge und Art der Nahrung. Am meisten erschien, nachdem Fett genommen war, schon bedeutend weniger im Verhältniss zur Menge des Aufgenommenen nach Gelatine und gekochten Eiern, nach Fleisch und Milch, am wenigsten nach Kohl und Kartoffeln. Die Menge des Ausfliessenden nahm auch ab, wenn während eines Tags statt einer gemischten nur eine einfache Nahrung, z. B. nur Brod genossen wurde.

Was die chemischen Eigenschaften des Ausfliessenden anlangt, so war das Gemisch meist von neutraler und nur zuweilen von alkalischer oder von saurer Reaktion. — Die Flüssigkeiten, welche erschienen, wenn gar keine Speise genossen war, sodass nur die reinen Verdauungssäfte abströmten, enthielt zwischen 2,3 bis 2,6 pCt. festen Rückstand, ihr fehlte die Reaktion auf Rhodankalium; es war also wahrscheinlich aller Speichel verschwunden. — Waren gekochte Fleisch- oder Eierspeisen genommen worden, so gab der filtrirte Saft mit den Reagentien Niederschläge, die auch aus einer

einfachen Lösung die gekochten Eiweissstoffe fällen. Flüssiges Eiweiss erschien als solches wenigstens theilweise wieder. Nach dem Trinken von Milch fanden sich im Ausgeflossenen Caseïnflocken; ein anderer Theil des Caseïns konnte durch Neutralisation der alkalischen Flüssigkeit gefällt werden. — Das aus der Fistel hervortretende enthält nach dem Genuss von Gelatine einen nicht mehr gerinnenden Leim in Auflösung. — Nach dem Verschlucken von Rohrzuckerlösung konnte etwas Traubenzucker in dem Ausgeflossenen aufgefunden werden und dieses auch dann, wenn alle andere Nahrung ausgeschlossen war und die unmittelbar vor dem Essen ausgestossenen Verdauungssäfte keine Reaktion auf Traubenzucker gegeben hatten. Gummi kam unverändert wieder, das Fett war in einer feinen Emulsion enthalten.

In der aufgefangenen Flüssigkeit schwammen immer grössere oder kleinere Brocken der in den Magen geführten festen Speisen. Bestanden diese letzteren aus Eiweissstoffen, so wurden sie gelöst, wenn sie mit der ausgetretenen Flüssigkeit längere Zeit hindurch in Berührung blieben; diese Auflösung ging vor sich, wie auch die Flüssigkeit gegen Lackmuspapier reagiren mochte. Frische Würfel aus gekochtem Eiweiss und aus Fleisch, die den filtrirten Verdauungssäften zugesetzt wurden, konnten zwar auch gelöst werden, aber sie lösten sich viel langsamer als die Stücke, welche noch unverdaut mit den Verdauungssäften gemischt ankamen.

Ueber das Verhältniss des Gewichts der eingeführten Nahrungsmittel zu dem des Speisebreies sammelte Busch folgende Zahlen; sie bedeuten, die genossene Nahrung gleich 1 gesetzt, das Gewicht des ausgeflossenen Breies: Fett = 6,0; Gelatine = 3,7; gesottene Eier = 2,7; Fleisch 1,7; Milch oder Mohrrüben = 1,2; Kohl = 0,9; Kartoffelbrei = 0,7. Den Nahrungsstoffen, welche nach einer Abendmahlzeit am darauf folgenden Morgen ankamen, war fast gar kein Verdauungssaft, namentlich keine Galle beigemischt. Sie waren auch relativ am wenigsten verändert.

Nimmt dagegen die Dünndarmverdauung ihren regelmässigen Verlauf, so besteht sein Chymus zwar auch wie der des Magens aus festen Partikeln, flüssigen Fetten und Gasbläschen, welche in einer wässerigen Lösung aufgeschwemmt sind, aber es sind sichtbare Unterschiede zwischen beiden Breiarten vorhanden; namentlich sind die festen Theilchen des Dünndarmes kleiner, die Fette sind nicht mehr in grossen, sondern in sehr kleinen Tröpfchen vertheilt, und endlich ist der Chymus des Dünndarmes von der beigemengten Galle gelb gefärbt. Das Verhältniss der festen zu den flüssigen Theilen variirt aus denselben Gründen, die schon beim

Speisebrei des Magens und des Duodenums erörtert sind, sehr beträchtlich; im Allgemeinen nimmt aber die Flüssigkeit gegen das Ende des Dünndarmes ab.

Die chemischen Bestandtheile der aufgeschwemmten Massen sind zum Theil den beim Magen erwähnten gleich; neu hinzu kommen noch Kalkseifen, harzige Umsetzungsprodukte der Galle, Schleim und losgestossene Epithelien der Darmoberhaut. Das Verhältniss zwischen den einzelnen Gemengtheilen stellt sich für die verschiedenen Abtheilungen des Darmrohres so, dass mit der steigenden Entfernung vom Pylorus die Holz-, Horn- und Kalkmassen u. s. w., welche vollkommen unlöslich sind, allmählig bedeutend das Uebergewicht gewinnen über das Amylon und die Albuminate.

Die Flüssigkeit enthält in Lösung Zuckerarten; und zwar Traubenzucker, vielleicht Fruchtzucker und nach dem Genuss von Rohrzucker auch diesen (Köbner). Die Menge des letztern nimmt gegen das Ileum hin merklich ab; ferner sind im Chymus gelöst Milchsäure und deren Salze und Eiweissstoffe. Ueber die chemische Natur dieser letztern sind die Meinungen getheilt; Meissner, Corvisart, O. Funke scheinen geneigt, wenigstens einen Theil der gelösten Eiweissstoffe für Peptone zu halten, während Andere, z. B. Brücke noch einen sichern Beweis für diese Unterstellung vermissen. Da sich ein einigermassen befriedigender chemischer Beweis nicht anbringen lässt, so musste die Anwesenheit der Peptone aus andern Gründen erschlossen werden. Der erste derselben stützt sich darauf, dass die Eiweissstoffe erst nach ihrer Ueberführung in Peptone aufgesaugt werden könnten; dieser Vordersatz, aus dem allerdings die Peptonbildung mit Nothwendigkeit folgen würde, entbehrt aber vorerst noch jeglicher Begründung. Ebenso wenig überzeugend wirkt eine andere Herleitung, die sich auf die lange Anwesenheit der Eiweissstoffe im Darmkanal stützt; da die Peptonbildung erst nach der Auflösung der Eiweissstoffe vor sich geht, so ist begreiflich nicht die Aufenthaltsdauer der ungelösten sondern nur die der flüssigen nach geschehener Auflösung von Bedeutung. Wie will man aber die Zeit des Verweilens dieser letztern bestimmen? — In der Flüssigkeit des Chymus kommen ferner vor die ursprünglichen und die umgesetzten Bestandtheile der Drüsensäfte (Gallensäure, Taurin, Leucin, Ammoniaksalze, Cholestearin u. s. w.). Alle diese Stoffe stehen in so mannigfachen Verhältnissen zu einander, dass sich nichts Allgemeingültiges darüber aussagen lässt. Gewöhnlich überwiegen jedoch schon in der Mitte des

Dünndarmes die alkalisch reagirenden Stoffe, so dass von da an die Flüssigkeit ihre saure Reaktion in eine alkalische umwandelt. Aber auch dieses Vorkommen erleidet eine Ausnahme bei lebhafter Milchsäurebildung, wie sie nach reichlichem Genusse von Amylaceen beobachtet wird.

Eine Vergleichung zwischen den Erfolgen der natürlichen und künstlichen Verdauung im Dünndarm kann bis in das Einzelne nicht vorgenommen werden, da uns, wie wir eben sahen, eine gründliche Kenntniss der chemischen Beschaffenheit des Dünndarmchymus fehlt; der gegenwärtige Stand der Thierchemie lässt auch demnächst keine solche voraussehen. Das wenige, was wir über dieselbe wissen, ist allerdings aus den Erfahrungen zu erklären, zu denen die künstliche Verdauung geführt hat. So ist das Umschlagen der Reaktion, welche der saure Chymus des Magens mitbringt, erklärlich aus den alkalischen Säften, die sich in den Dünndarm ergiessen. — Die Auflösung der aus dem Magen noch ungelöst ankommenden Eiweiss- und Leimstoffe kann der Darmsaft und unter Umständen der pankreatische besorgen. — Dasselbe gilt für die ungelösten oder unverwandelten Amylaceen, und die Ueberführung der Zuckerarten in Milch- und Buttersäure — die feine Emulsion, in welche die Fette gebracht werden, kann dem Bauchspeichel, dem Gallen- und Darmschleim zugeschrieben werden, — die Umsetzung einiger pflanzensauren in kohlensaure Alkalien vermag der Bauchspeichel und der Darmsaft zu vollführen. Die Zerlegung der Galle in Cholsäure, Taurin und Glycocoll leitet der saure Magensaft in Verbindung mit dem Bauchspeichel ein. Das Auftreten von Buttersäure kann abgeleitet werden aus dem Vermögen des pankreatischen Saftes, die neutralen Fette, hier also das Butyrin, zu zerlegen; oder sie kann auch bedingt sein von dem Uebergang der milchsauren in die buttersaure Gährung. Für die letztere Entstehungsweise würde die Gegenwart von H-gas sprechen, welches man, wie gleich zu erwähnen, schon in der Darmhöhle gefunden hat. — Die Galle endlich verhütet den Eintritt der stinkenden Fäulniss.

Ueberblickt man noch einmal die Lösung der Speisen im Dünndarm, so ergiebt sich, dass ein jeder Nahrungsstoff durch verschiedene Verdauungssäfte verflüssigt werden kann. Die Eiweisskörper konnten durch den sauren, zuweilen durch den neutralen Magensaft, aber auch durch den Darmsaft, und endlich durch den schwachsauren, zuweilen auch durch den neutralen oder alkalischen Bauchspeichel gelöst werden. Das Amylon konnte der Darmsaft, der Kopf- und Bauchspeichel in Traubenzucker umwandeln; das Fett wurde durch die verschiedenen Schleimarten und den Pankreassaft in Emul-

sion gebracht. Diese Erfahrung musste natürlich zu der Frage führen, welchen Sinn und welche Folgen diese Häufung verschiedener Mittel zu demselben Zweck mit sich führe. Obwohl sich die aufgeworfene Frage schwerlich umfassend beantworten lässt, bevor die Art der Auflösung und der Umsetzung, welche die einzelnen Säfte mit sich bringen, genauer gekannt ist, so dürfte sich doch schon jetzt Folgendes vorbringen lassen. Die Untersuchungen mittelst des künstlichen und natürlichen Labsaftes hatten ergeben, dass nicht alle Eiweisskörper bei demselben Säuregrad mit gleicher Leichtigkeit verdaut wurden; namentlich ergab die Erfahrung, dass in dem Magensaft des Hundes und Schweines das gekochte Eiweiss und der Kleber nicht gleich leicht gelöst werden. Daraus konnte man also folgern: es mussten zur gehörigen Ausnutzung verschiedener Eiweissstoffe, welche gleichzeitig genossen waren, auch Verdauungsflüssigkeiten von allen möglichen Säuregraden vorhanden sein. Diese Betrachtung verliert jedoch ihre Spitze, wenn man sich erinnert, dass der alkalische Darmsaft, soweit wir wissen, alle Eiweisskörper gleich gut verflüssigt. Also wären die Einwirkungen des Magensaftes überflüssig. — Um aber diesen Einwurf wegzuräumen, könnte man sagen, die Anwesenheit des Magens mache es möglich, dass die Aufnahme von Speisen in den Mund auf einmal für längere Zeit abgethan werden könne; der Magen zerlege dann die grossen Speisestücke in kleinere, diese würden darauf in dem Maass, wie sie zerkleinert wären, in den Dünndarm gebracht und diesem werde somit sowohl durch die Verkleinerung als auch durch die chemische Vorarbeit des Magens die Auflösung erleichtert. Diese Annahme empfängt gewissermaassen eine Unterstützung durch die Angabe, welche Busch über die verschiedene Löslichkeit von Eiweissstoffen gemacht hat, je nachdem dieselben vorgängig der Einwirkung des Magensafts ausgesetzt oder noch nicht ausgesetzt waren. — Vielleicht wäre es auch für die Resorption von Bedeutung, dass die sauren Lösungen der Eiweissstoffe erst in eine alkalisch reagirende Lösung gebracht würden, bevor sie die alkalisch reagirende Darmwand durchsetzen, damit sie an und in derselben nicht gefällt würden. Hiergegen könnte man einwenden, dass erfahrungsgemäss schon im Magen die Resorption beginnt, wie dieses u. A. bei der öfter erwähnten Frau mit der Darmfistel geschah. Bei ihr blieb es aber ungewiss, ob der Magensaft wirklich sauer war. — Endlich ist es auch nicht wahrscheinlich, dass zu allen Zeiten eine jede Saftart mit gleicher Leichtigkeit beschafft werden kann; sie wären also als gegenseitige Aushülfen zur Vermeidung physiologischer Verdauungsstörungen anzusehen. — Für die Vertheilung von Amylon auflösenden Säften auf verschiedene Orte des Darms liesse sich anführen, dass nur hierdurch dem Uebelstand vorgebeugt werden könnte, concentrirte Zuckerlösungen in einer beschränkten Darmabtheilung anzuhäufen. Bei der Geschwindigkeit, mit welcher die Umwandlung des Amylons vor sich geht, und bei dem grossen Antheil, den jener Stoff in unserer Nahrung einnimmt, hätte dieses sonst nothwendig geschehen müssen und hierdurch würde sowohl die Aufsaugung dieses Stoffes, wie auch die Verdauung aller anderen gehemmt worden sein, eine Annahme, die durch die bekannten Folgen eines reichlichen Genusses von Zucker bestätigt wird.

4. Die Flüssigkeiten des Dickdarmes sind ausserhalb des thierischen Körpers noch nicht geprüft worden; als Steinhäuser die Gelegenheit benutzte, die ihm eine Fistel des Coecums am Menschen darbot, frische Speisen in den Dickdarm zu bringen, fand er dieselben im Kothe unverändert wieder. Dieses lässt begreiflich

keinen Schluss zu auf die Veränderung der Speisen in dem Zustande, in welchen sie gewöhnlich aus dem Dünndarme in den Dickdarm übergehen. In der That scheint auch während des Lebens der Inhalt des Dickdarmes sich noch fortwährend zu verändern; denn es entwickeln sich in demselben Säuren (Milchsäure, Buttersäure u. s. w.) und Gase, H und CH (Chevreul), Bildungen, die sich allerdings auch erläutern aus einer in dem Speisebrei eingeleiteten und ohne Zuthun des Dickdarmsaftes fortschreitenden Gährung. — Der Schleim und die Schleimhaut des Kaninchendickdarms wandeln Amylon rasch in Zucker um (O. Funke*).

Der Koth**) oder der Antheil des Speisebreies, welcher aus dem Mastdarme hervortritt, enthält in wechselnder Menge Festes und Flüssiges. — Die Flüssigkeit gewinnt über das Aufgeschwemmte um so mehr das Uebergewicht, je rascher die Speise durch den Darmkanal gegangen, je mehr der aufsaugende Apparat in seinen Leistungen beschränkt ist, und weitere Stoffgemische in der Kothflüssigkeit aufgelöst sind, welche mit kräftiger Verwandtschaft zum Wasser begabt sind und mit geringer Geschwindigkeit durch die Darmwand in die Blut- und Lymphgefässe treten.

Seiner chemischen Zusammensetzung nach besteht der aufgeschwemmte Theil bei einer gemischten Kost aus Hornschüppchen, geringen Mengen elastischer Häute, einigen zerbröckelten Muskelfasern, unlöslichem Blutroth, Fetten, stearin- und margarinsaurem Kalk, Holzfaser, Pflanzenwachs, Chlorophyll, etwas Amylon, Schleim, Darmepithelium, Umsetzungsprodukten der Galle (Dyslysin, Choloidin- und Cholalsäure) und nach Marcet beim Menschen auch aus Excretin, einem in Aether löslichen Körper ($C_{78} H_{78} O_2 S$), ferner aus Cholestearin, Kieselsäure, phosphorsauren, schwefelsauren und kohlensauren Erden. — Die Flüssigkeit enthält Eiweiss, Gummi, Gallenfarbstoffe, wenig Gallensäure, schwefelsaure nebst ein wenig salzsauren Alkalien. —

Der Geruch des Kothes scheint von flüchtigen Fettsäuren bedingt zu sein; Liebig konnte durch Behandeln von eiweissartigen Stoffen mit Kali ein Gemenge von flüchtigen Fettsäuren herstellen, welches ausgeprägt nach Koth riecht.

*) Lehrbuch der Physiologie. 3. Aufl. I. 320.

**) Wehsarg, Mikroskopische und chem. Untersuchungen etc. Giessen 1852. — Ihring, Mikroskopische und chemische Untersuchungen etc. Giessen 1852. — Marcet, Proceedings of the royal Society VII. 153. — Derselbe, Philosophical Transactions 1857. 403. — Liebig, Thierchemie 3. Aufl. 136. — Kühne, Archiv für patholog. Anatomie. XIV. 310.

Die proportionale Menge des Kothes oder das Gewicht desselben dividirt durch dasjenige der genossenen Nahrung, ist abhängig von der Menge absolut unverdaulicher Einschlüsse in die letztere (aus diesem Grunde giebt Gemüsenahrung viel mehr Koth, als Fleisch) von der Geschwindigkeit, mit welcher die Speisen durch den Darmkanal gehen, endlich von der Kraft der auflösenden und aufsaugenden Verdauungswerkzeuge.

Nach den Erfahrungen von Liebig befindet sich der Koth nicht im Zustande der fauligen Gährung, er gelangt erst in sie, nachdem er dem Zutritte der Luft blossgelegt war. Zuweilen kommen in ihm Gährungspilze vor (Mitscherlich, Remak, Böhm).

Chevreul*) hat mit freilich noch unvollkommenen Methoden die Gasarten des menschlichen Darmkanals untersucht. In der Leiche eines Hingerichteten bemerkte er im Magen eine geringe Menge von Gas, welche in 100 Theilen bestand aus: O = 11,00; CO_2 = 14,00; N = 71,45; H = 3,55. — Im Dünn- und Dickdarme dreier Hingerichteter beobachtete er:

	Dünndarm.		Dickdarm.		Coecum.		Rectum.		Bemerkungen.
I.	CO_2	24,39	CO_2	43,50	—		—		Zwei Stunden vor d. Tode eine Mahlzeit aus Brod, Käse, Wein u. Wasser.
	H	55,53	CH u. HS	5,47					
	N	20,08	N	51,03					
II.	CO_2	40,00	CO_2	70,00	—		—		
	H	51,15	H u. CH	11,16					
	N	8,85	N	18,04					
III.			—		CO_2	12,5			Vor dem Tode Rindfleisch, Brod, Linsen, Rothwein.
	CO_2	25,0			CH	12,5	CO_2	42,86	
	H	8,4			H	7,5	CH	11,18	
	N	66,6			N	67,5	N	45,96	

Aufsaugung in den Verdauungswegen.

Von dem, was als Speise und als Drüsensaft in den Darm eingeführt ward, tritt nur ein kleiner Theil durch den After hervor; also muss der Rest, da er nicht in der Höhle zurückbleibt, durch die Darmwand austreten. Dass die grosse Menge von Flüssigkeit, welche diesen Weg betritt, ihn in so kurzer Zeit vollenden kann, begründet sich einmal durch die grosse Ausdehnung der Darmwand, wie sie ermöglicht ist durch die Röhrenform des Darmes, und durch die Falten, Zotten und Krypten der einzelnen Schleimhautpartien. Wenn dieses ausgebreitete Filtrum die Aufsaugung an vielen Orten gleichzeitig möglich macht, so wird durch

*) Magendie's Physiologie, deutsch von Heusinger. II. Bd. 75. 101 u. 116.

die Bedeckung der Wand mit nur einer Schicht eigenthümlich gebauter Cylinderzellen jede einzelne Stelle sehr leicht durchdringlich.

Nach den Beobachtungen von O. Funke und Kölliker, vorzugsweise aber nach denen von Brettauer und Steinach*) ist die Basis, welche die trichterförmigen Deckzellen gegen die Darmhöhle wenden durch einen hellen Saum begrenzt, auf welchem prismatische Stäbchen aufsitzen. Diese Stäbchen sind jedoch nicht immer gleich gestaltet; so sitzen namentlich auf den Zellen, die aus dem Darm eines seit vielen Stunden nüchternen Thieres stammen, sehr deutliche scharf von einander abgesetzte Prismen; die Zellen aber, die aus dem Darm des verdauenden Thieres genommen werden, sind an ihrer gegen den Darm gewendeten Seite durch einen scheinbar vollkommen homogenen, stäbchenfreien Saum begrenzt, der schmäler ist, als der Raum, welchen im vorhergehenden Fall die Stäbchen sammt ihrer Unterlager einnehmen. Aber auch jetzt sind die Stäbchen nicht verschwunden, sie sind nur durch Verkürzung und gegenseitiges Aneinanderlegen unsichtbar geworden; denn sie kommen wieder zum Vorschein, wenn man die Zellen in eine Lösung von phosphorsaurem Natron legt. Der stäbchentragende Saum, den man kurzweg den Zellendeckel nennt, hängt, wie es den Anschein hat, fester mit dem schleimigen zähen Zelleninhalt als mit der seitlichen Zellenwand zusammen; man könnte sagen, es stecke der mit dem Deckel verbundene Inhalt in der Zellenhülse wie ein Pfropf in einem Trichter. Diese Annahme gründet sich auf die Erfahrung von Brettauer und Steinach, dass der Zelleninhalt mit dem auf ihm sitzenden Deckel seine normale Lagerstätte verlässt, und sich neben die leere Hülse legt, wenn man den Inhalt durch passende Mittel, z. B. durch destillirtes Wasser zum Aufquellen gebracht hat. — Aus diesen Erfahrungen, soviel sie auch sonst noch zu wünschen übrig lassen, geht das für unsere Zwecke wichtige Resultat hervor, dass die Zellenhöhle gegen die Darmlichtung nicht durch eine homogene Haut abgegrenzt ist. Wollte man einen Vergleich zulassen, so würde man zwischen dem Zellendeckel der Darmepithelien und der Haut in andern Zellen etwa denselben Unterschied statuiren können, wie er zwischen einem Fliesspapier und einer Collodiummembran besteht. — Brücke vermuthet, dass auch die in der Schleimhaut steckende Spitze der Epithelialzellen nur durch einen lockeren Pfropf, nicht

*) Brettauer und Steinach, Wiener akad. Sitzungsberichte. 23. Bd. 303.

aber durch eine homogene Haut verschlossen sei und Heidenhain findet es sogar wahrscheinlich, dass die von jenen Spitzen ausgehenden Fortsätze in das von ihm beschriebene die Schleimhaut durchsetzende Zellennetz münden (p. 568). Diese Thatsache wird von Henle bestritten.

Jenseits der Oberhaut stösst die eingedrungene Flüssigkeit auf ein lockeres von Lücken durchzogenes Gewebe. Diese Lücken öffnen sich, wie schon früher beschrieben wurde, auf die eine oder andere Weise in die Lymphgefässe, in sie hinein ragen Blutcapillaren; die absorbirte Flüssigkeit kann also je nach Umständen in das eine oder das andere Gefäss eintreten. Erwägt man, dass die Hohlräume der Schleimhaut ihre Formen ändern können, vermöge der sie umgebenden Muskeln, so sieht man hier ein kunstreiches Filter hergestellt, das auch für ölige und eiweissartige Flüssigkeiten länger durchgängig bleibt als selbst eine grobmaschige Leinwand.

A. Aufsaugung durch die Lymphgefässe.

1. Anatomisches Verhalten der Anfänge*). Nachdem schon früher die Lymphwurzeln in der Darmschleimhaut geschildert wurden, bleibt es hier nur noch übrig, auf das Verhalten der Blutgefässe und Muskeln in der Schleimhaut namentlich in den Zotten einzugehen. In den lockeren oberflächlichen Schleimhautpartien liegt überall ein engmaschiges Netz von Blutgefässen eingebettet, das mit freien Wandungen in die Lücken, welche den Anfang der Chylusgefässe darstellen, hineinragt. Daraus folgt zweierlei; einmal nämlich wird die Möglichkeit eines Austausches zwischen den Flüssigkeiten gegeben sein, die in den Lücken und den Blutgefässen eingeschlossen sind; zugleich werden aber auch die Blutgefässe vermöge ihres durch den Blutstrom gespannten Inhaltes die Schleimhautoberfläche und namentlich den Zottenmantel ausspannen, resp. die den Lymphgefässanfang darstellenden Hohlräume offen erhalten, selbst wenn ein gelinder von der Darmhöhle her wirkender Druck sie zusammenzupressen sucht (Brücke, Donders). Ausser diesen Gebilden enthält die Schleimhaut bekanntlich noch Muskelzellen. Diese sind in den Zotten zu Fasern angeordnet, welche der grössten Länge der ersteren entsprechend verlaufen;

*) Brücke, Ueber Chylusgefässe u. d. Resorption d. Chylus. Wien 1853. — Donders, Henle's und Pfeufer's Zeitschrift. N. F. IV. Bd. 230. und die p. 567 aufgezählte Literatur.

sie liegen nach innen von den Blutgefässcapillaren und nach aussen vom Centralkanal der Zotte. Ziehen sich die Muskeln zusammen, wie dieses am geöffneten Darme des lebenden oder eben getödteten Thieres beobachtet werden kann, und zwar mit einer Kraft, welche die durch den Blutstrom gesteiften Blutgefässe zusammendrückt, so muss dadurch der vorhandene Inhalt des Centralkanales nach den Lymphgefässen in dem Unterschleimhautgewebe entleert werden, während die einzelnen Epitheliumszellen durch die Verkürzung der Zotte comprimirt werden. Falls sie an ihren Enden offen sind, muss hierdurch ein Theil ihres Inhaltes in die Darmhöhle zurücktreten. Man kann nicht sagen, ob dasselbe auch für den Inhalt der äusseren Gewebsräume des Stroma's eintreten müsse, da man nicht weiss, ob die Epitheliumszellen so eingepflanzt sind, dass der Chylus ebenso leicht aus dem Stroma in die Zellen, als aus den Zellen in das Stroma tritt. Diese Darstellung, welche der klassischen Arbeit von Brücke entlehnt ist, lässt uns erkennen, wie zierlich und zweckmässig zugleich die Zotte zum Behufe der Filtration und der Weiterbewegung ihres Inhaltes gebaut ist.

2. Stoffaufnahme in die Chylusgefässe. Durch die Wand, welche die Höhlungen des Darms und der Chylusgefässe von einander trennen, dringen wässerige Flüssigkeiten und Fetttröpfchen hindurch.

Der Uebergang von wässerigen Lösungen in die Anfänge der Milchgefässe kann mit Hülfe bekannter Thatsachen ohne Schwierigkeiten erklärt werden, denn überall, von der Cardia bis zum Anus, ist die Schleimhaut für Wasser durchgängig und es ist Gelegenheit zum Wirksamwerden von Capillaranziehung, von hydrostatischen Drücken und Diffusionen gegeben. — Die Lücken der Schleimhaut sind eng und ihre Wände mit wässerigen Lösungen benetzbar, also muss die erste der drei aufgezählten Füllungsursachen in Betracht kommen. — Ist aber aus einem oder dem andern Grunde der Anfang der Chylusgefässe auch mit noch so wenig Flüssigkeit gefüllt, so muss sich von ihm ein Diffusionsstrom entwickeln zum Darm- und Blutgefässinhalt oder mindestens gegen den letztern von beiden, da beide Flüssigkeiten in einander diffusibel und zugleich von verschiedener Zusammensetzung sind. — Läge aber der Darm- und Blutgefässinhalt unter einem höheren Drucke, als derjenige der Chylusgefässanfänge, so müssten die letzteren allmählich sich auf dem Wege der Filtration anfüllen. Das Vorkommen eines solchen Spannungsunterschiedes der Flüssigkeiten kann aber

nicht bestritten werden, da sich die Ampullen und Lücken entleeren durch die periodisch wiederkehrenden Zusammenziehungen der Schleimhautmuskeln und dann, wenn die letzteren erschlafft sind, wieder ausgespannt werden durch die vom Blutstrome gestreckten Blutgefässe. Der Inhalt der Lymphräume wird also oft genug unter einer sehr geringen Spannung verweilen, während der Darminhalt unter einer wenn auch geringen Pressung liegt, die sich namentlich einstellen muss, wenn eine abwärts hängende Darmschlinge mehr oder weniger angefüllt ist. Anderseits wird zu einem Filtrationsstrome von Seiten der Blutgefässe her Veranlassung gegeben durch die normale Spannung des Blutstromes. Somit scheint es nur fraglich zu bleiben, ob für gewöhnlich der wässerige Darminhalt vorzugsweise durch Filtration oder durch Diffusion weggeschafft werde. Berücksichtigt man die Erfahrung, dass die in das Darmrohr gebrachten Lösungen von salzsauren Alkalien viel reichlicher aufgenommen werden, als diejenigen der schwefelsauren Alkalien und Erden, so dürfte man geneigt sein, den Diffusionen das Uebergewicht zuzuschreiben. Denn filtriren die Lösungen, so kann man nicht einsehen, warum ein solcher Unterschied sich geltend machen sollte, während man ihn aus der ungleichen Diffusionsgeschwindigkeit jener Salze und aus dem ungleichen Quellungsvermögen der Häute durch dieselben begreifen kann.

Von den Fetten*), welche sich im Darminhalt finden, gehen mit chemisch unveränderten Eigenschaften nur diejenigen in die Lymphwurzeln über, welche bei der Temperatur des menschlichen Körpers flüssig sind. Um übergangsfähig zu werden, müssen sie im Darmkanal selbst erst eine mechanische Vorbereitung erfahren haben, die darin besteht, dass sie in höchst feine Tröpfchen vertheilt und zugleich mit einer Hülle umgeben werden. Für die Anwesenheit dieser letztern spricht der Umstand, dass sie gewöhnlich nicht zusammenfliessen, wenn sie auch unter einem merklichen Druck in einen engen Raum zusammengedrängt werden. — Die Bedingungen, welche das Fett zertheilen, liegen wahrscheinlich in den feinen Unebenheiten der Darmoberfläche. Durch sie werden die grösseren Tropfen in kleinere zerspalten, wenn jene durch die

*) Bidder und Schmidt, Verdauungssäfte. 224 ff. u. 252. — Frerichs, Artikel Verdauung, Wagners Handwörterbuch. III. 847. u. 853. — Weinmann, Henle's u. Pfeufer's Zeitschrift. N. F. III. 247. — Herbst, ibid. 389. — Cl. Bernard, Mémoire sur le pancréas et sur le rôle du suc pancréatique. Paris 1850. — Donders, Physiologie des Menschen. 2. Aufl. 1859. 322. — Colin, Gazette médicale de Paris. 1858. 54. — O. Funke, Zeitschrift für wiss. Zoologie. VI. 308. u. VII. 315. — Kölliker, Würzburger Verhandlungen. Juni 1856.

peristaltischen Bewegungen auf der Darmoberfläche hergepresst werden. Die Wiedervereinigung der kleineren zu grösseren Tröpfchen wird aber unmöglich gemacht durch die reichliche Anwesenheit schleimiger Flüssigkeiten, welche die die Darmoberfläche benetzen. Namentlich dienen hierzu der Darmschleim, die schleimartige Galle und der Bauchspeichel (Eberle, Cl. Bernard); eine Behauptung, deren Richtigkeit leicht bestätigt werden kann durch Schütteln eines der bezeichneten Drüsensäfte mit flüssigen Fetten. —

Aus diesen Mittheilungen folgt nun schon, dass für gewöhnlich der Magen kein Fett aufnimmt; ausnahmsweise kann es (je nach dem Eintritt der Bedingungen) dennoch geschehen, wie z. B. Kölliker in den Epithelialzellen des Magens von Säuglingen Fetttröpfchen sah. Aehnliches sagt die mikroskopische Erfahrung vom Dickdarm aus, in dessen Epithelialzellen nur nach Oelklystieren Fetttröpfchen gefunden wurden. Dennoch bleibt es zweifelhaft, ob sich der fettige Zelleninhalt in die Lymphräume entleert; dem Anschein nach geschieht dieses äusserst selten, da die Lymphe, welche aus dem Magen und Dickdarm eines fettverdauenden Thieres kommt, niemals milchig, sondern klar und durchsichtig ist. — Also ist nur der Dünndarm der eigentliche Fettsauger. Aber er ist es nicht an allen Stellen gleichmässig. Niemals hat man das Fett durch die Zellen der Crypten gehen sehen und für gewöhnlich findet man es nur in den Spitzen der Zotten. Goodsir und Frerichs, welche den Weg der Fette durch die Darmwand zuerst genauer verfolgten, fanden das chemisch unveränderte Fett zu sehr feinen Tröpfchen vertheilt zunächst in der Höhle der Epithelialzellen. Diese Thatsachen haben alle späteren Beobachter bestätigt; merkwürdiger Weise fand man aber niemals Tröpfchen in den Zellendeckeln. Da sie diese aber durchsetzen müssen, um aus dem Darm in die Zellenhöhlen zu gelangen, so bleibt nur die Annahme übrig, dass sie den Zellendeckel sehr rasch durchwandern. Aus der Zellenhöhle gelangen die Tröpfchen in die Fortsätze derselben, dann in die Lücken der Schleimhaut, weiter in den Centralcanal der Zotte. und endlich in die Lymphgefässe. In allen diesen Theilen liegen die Tröpfchen nach einer fettreichen Nahrung so gedrängt, dass dieselben im auffallenden Licht milchweiss erscheinen.

Viel weniger bekannt als die Bahnen, welche das Fett durchläuft, sind die Kräfte, welche dasselbe treiben und die ihm entgegenstehenden Widerstände wegräumen. Nachweislich befördert die Anwesenheit der Galle und vermuthlich auch die des pankrea-

tischen Saftes den Uebergang der Fette. Denn die Aufnahme desselben wird wesentlich beschränkt, wenn die Galle nicht in den Dünndarm treten kann, sei es, dass sie durch eine Fistel nach aussen geführt wird oder dass der Ausführungsgang der Leber verstopft ist (Brodie, Tiedemann, Gmelin, Bidder u. Schmidt). Der Beweis für die Minderung der Fettaufnahme während des aufgehobenen Gallenzuflusses wird dadurch geführt, dass der aus dem Dünndarm kommende Chylus fettärmer und der Koth entsprechend fettreicher ist. — Die Hülfe, welche die Galle dem Fettübergang leistet, erklärt man sich meist dadurch, dass dieselbe den Widerstand mindere, welchen die Poren dem Durchgang der Fette entgegensetzen. Dieses könnte auf verschiedene Weise erreicht werden; z. B. dadurch, dass die in die Schleimhaut eingedrungene Galle die Porenform ändert und die Festigkeit des Gewebes verringert; oder dadurch, dass sie die Porenoberfläche schlüpfriger macht, sodass sich die Reibung zwischen Fett und Porenwand mindert; oder auch dadurch, dass sie die Fetttröpfchen geeigneter macht, sich den Formen der Porenkanälchen anzuschliessen, indem sie die sogenannte Tropfenspannung des Fettes herabsetzt.

Die Anwesenheit der Galle gehört nun aber keineswegs zu den Bedingungen, die durchaus erfüllt sein müssen, damit der Fettübergang möglich sei; denn nach den Beobachtungen von Bidder und Schmidt enthält der Chylus auch dann noch Fett, wenn selbst der Zutritt der Galle zum Darmkanal vollkommen aufgehoben ist. Man ist desshalb geneigt, dem pankreatischen Saft dieselbe Rolle zuzuschreiben, welche der Galle unzweifelhaft zukommt. Cl. Bernard, welcher vorzugsweise die Aufnahme der Fette unter der Betheiligung des Bauchspeichels geschehen lässt, geht sogar so weit, zu behaupten, dass dieser der alleinige Vermittler der Fettresorption sei. Es bleibt unerklärlich, warum der ausgezeichnete Beobachter den Uebergang des Fettes in die Chylusgefässe immer aufgehoben sah, nachdem der Bauchspeichel von der Darmhöhle ausgeschlossen war, während alle übrigen Beobachter von Brunn bis auf Colin herab nach Exstirpation des Pancreas oder nach Anlegungen einer Fistel die Aufnahme des Fettes wenig beeinträchtigt fanden.

Wird der Bauchspeichel und die Galle zugleich ausgeschlossen, so wird nach Busch nur noch ein Minimum, vielleicht auch gar kein Fett mehr resorbirt.

Die Kräfte, welche den Eintritt des Fetts in die Zellen bedingen, und die auf dem Weg vorkommenden Widerstände überwinden, können natürlich keine sein, welche mit den die Diffusion erzeugenden Aehnlichkeit besässen. Denn diese letztern verlangen eine innige Vermischung der sich in einander verbreitenden Flüssigkeiten. Darum bleibt nichts anderes übrig, als an einen in der Richtung vom Darm zum Zottenraum wirkenden Druck zu denken. Ob die Druckunterschiede der Flüssigkeiten, ob Bewegungen der Epithelialstäbchen oder ob Bewegungen der Darmwandungen gegen einander diese Triebkraft darstellen, bleibt zweifelhaft.

Aus dem Darmkanale in das Blut gehen bei Kaninchen, Hunden und Fröschen beobachtungsgemäss folgende feste Stoffe über*): Blut- und Pigmentkörperchen (Moleschott), Stärkekörperchen (Herbst, Oesterlen, Donders), Quecksilberkügelchen (Oesterlen), Kohlenflittern und Schwefelblumen (Oesterlen, Donders, H. Meyer, Eberhard). Moleschott, der den Mechanismus des Uebertrittes am genauesten verfolgt hat, fand in den Epithelialzellen des Säugethierdarms Pigmentmoleküle und in denen des Froschdarms Scheiben des Säugethierbluts. Aber nicht jedesmal, wenn die genannten Körper in dem Darmkanal vorkommen, gehen sie auch in den Chylus über; im Gegentheil, es ereignet sich sogar dieser Uebergang äusserst selten. Der Grund, warum die genannten Körperchen, namentlich wenn sie noch kleiner als die aufnahmsfähigen Fetttröpfchen sind, nicht durchdringen, bleibt unbekannt. Vielleicht ist ihre Oberfläche nicht biegsam genug, sodass ein besonders weicher, leicht durchbrechbarer Verschluss die Epithelialbasen decken muss, wenn sie Durchlass gewähren sollen. — Crocq, welcher sehr verschiedenartige feste Körperchen durch die Darmwand dringen sah, behauptet, dass sie nur die von Epithelien entblössten Stellen durchzusetzen vermöchten.

3. Zusammensetzung des Chylus. Die Flüssigkeit, welche aus dem Darme in die Chylusanfänge eindringt, muss in ihrer chemischen Anordnung verschieden ausfallen mit der Zusammensetzung des flüssigen Darminhaltes und des Blutes und mit dem relativen Uebergewichte der Kräfte, welche die Anfänge der Chylusgefässe füllen. Die einmal in die Gefässe eingegangene Flüssigkeit muss veränderlich sein mit der Zahl der Drüsen, die sie durchströmt hat; der Inhalt des ductus thoracicus endlich wird variiren mit der Zusammensetzung der einzelnen Chylus- und Lympharten, aus deren Vermischung er entsteht, und der relativen Menge, mit der sich jeder einzelne an der Bildung des Gesammtinhaltes betheiligt.

Die Beziehung zwischen dem Darminhalte und dem primitiven Chylus ist einmal dadurch gegeben, dass alle im ersteren aufgelös-

*) Henle's und Pfeufer's Zeitschrift. N. F. 1. Bd. 409. — Wiener medizinische Wochenschrift. 1854. 30. Dezember. — Moleschott's Untersuchungen zur Naturlehre. II. 102. u. 119. — Wittich, Archiv für patholog. Anatomie. XI. — Crocq, De la pénétration des particules solides etc. Mémoires couronnés par l'académie de Belgique. IX. 1859.

ten Stoffe zugleich mit den Fetten, entsprechend dem Bau der Wände, welche die Anfänge der Chylusröhren umkleiden, in die letzteren eintreten. Demnächst greift der Darminhalt dadurch bestimmend in die Zusammensetzung des primitiven Chylus ein, dass durch die Gegenwart einzelner seiner Bestandtheile (Säure, Galle etc.) das Eindringen anderer (Fette, Eiweiss) möglich gemacht wird. — Die Zusammensetzung des Blutes kommt für die des primitiven Chylus in Betracht, einmal, weil der letztere schon innerhalb der Schleimhaut in diffusive Beziehung zum ersteren tritt, und ausserdem, weil mit dem Blute nothwendigerweise auch der Darminhalt selbst veränderlich sein muss, insofern die chemische Anordnung und die Menge der Drüsensäfte davon abhängen, und insofern hierdurch der Grad der Umwandlung bestimmt wird, welche der Darminhalt vor seinem Eintritte in die Chylusgefässe in Folge der zwischen ihm und dem Blute bestehenden Diffusion erleidet. — Mit dem relativen Werthe der Kräfte, der Diffusion und Filtration, welche die Chylusanfänge füllen, wechselt die Zusammensetzung ihres Inhaltes, weil die eine von ihnen (Filtration) gleichmässig alle in den Flüssigkeiten des Darmes aufgelösten Stoffe überfüllt, während die Diffusion den einen Bestandtheil langsamer als den anderen und das Fett gar nicht in Bewegung setzt. Nun kann es aber gar keiner Frage unterworfen sein, dass die beiden Prozesse nicht überall und nicht zu allen Zeiten in dem selben Verhältnisse ihrer Intensität stehen, da mit der Contraktion der Darmmuskeln und der Spannung der Blutgefässcapillaren die Filtration, und mit der Zusammensetzung des Darminhaltes, insbesondere mit seinem Gehalte an Labsaft, Galle, Bauchspeichel, die Diffusion veränderlichen Werthes wird. — Der Chylus, welcher aus der Darmschleimhaut in die Chylusgefässe eingeht, erleidet auf seinem Wege bis zum ductus thoracicus Veränderungen in den Drüsen, theils durch die Berührung mit dem Blute und theils durch die in den Drüsen selbst vorgehenden Umsetzungen; also wird mit der Geschwindigkeit seines Stromes mit der Zahl und dem Umfange der eingelegten Drüsen die Grösse der Umwandelung Hand in Hand gehen. — In den ductus thoracicus münden ausser den Chylusgefässen die Lymphgefässe der unteren Extremitäten, der Bauch- und Brustwandungen, des Beckens, der Milz, der Leber, des Pancreas, des Peritonäums, der Brusteingeweide u. s. w. Abgesehen davon, dass es schon unwahrscheinlich ist, eine Gleichartigkeit in der Zusammensetzung der verschiedenen Lympharten anzunehmen,

besteht aber sicher ein Unterschied zwischen Lymphe und Chylus; mit dem Uebergewicht der einen oder anderen Flüssigkeit muss also jedenfalls der Inhalt des ductus thoracicus seiner Zusammensetzung nach veränderlich sein.

Aus diesen Angaben erhellt die unendliche Variation, welche sich zu verschiedenen Zeiten an demselben Orte und zu derselben Zeit an verschieden gelegenen Chylusgefässen ereignen kann; die Theorie verhält sich den Einzelheiten gegenüber noch stumm, und die Erfahrung ist sehr beschränkt, da ihr, abgesehen von allen anderen Mängeln, nicht einmal die Kenntniss des primitiven Chylus aus der Schleimhaut zu Gebote steht. — Das Wenige, was die Beobachtung erworben, ist Folgendes.

Der Chylus kann, wie Blut und Lymphe, in einen flüssigen und aufgeschwemmten Theil geschieden werden; der letztere besteht seiner Gestalt nach bald aus aufgeschwemmten Fettpartikelchen, bald aus diesen und Zellen sehr verschiedener Art, die zum grossen Theile den Charakter der Körnchenzellen an sich tragen, und endlich aus Butkörperchen. — Die chemischen Bestandtheile des Chylus, welche bis dahin aufgefunden werden konnten, sind Fasertoff, gerinnbares Eiweiss, ein durch starke Essigsäure fällbarer Eiweissstoff, Fette, Zucker, Harnstoff, Verbindungen von Kali, Natron und Kalk mit organischen Säuren und mit Kohlen-, Salz- und Phosphorsäure. Demach fehlen dem Chylus von den im gelösten Darminhalte nachweisbaren Stoffen: Leimarten, gallensaure und schwefelsaure Salze, während er vor ihm Faserstoff und gerinnbares Eiweiss voraus hat, zwei Körper, von denen der erstere immer, der zweite wenigstens häufig dem Chymus fehlen.

a. Einfluss der Nahrung*). Die blossgelegten Chylusgefässe hungernder Thiere sieht man von einer durchsichtigen Flüssigkeit erfüllt; die Durchsichtigkeit des Inhaltes bezeugt den Mangel an aufgeschwemmten Fetten; eine Analyse dieser Flüssigkeit liegt noch nicht vor. — Wiederholt ist dagegen der ductus thoracicus bei Menschen (L'Héritier), Hunden (Chevreul), Pferden (Gmelin), die vor dem Tode gehungert hatten, untersucht worden. Eine Vergleichung dieser Resultate mit der Lymphe, die aus den unteren Extremitäten gewonnen und analysirt wurde, würde, auch ohne dass man den Gewichtsantheil kennte, den jede der beiden Flüssigkeiten an dem Inhalte des ductus thoracicus nimmt, zu mancherlei

*) Simon, Med. Chemie. II. Bd. p. 244. — Nasse, Handwörterbuch d. Physiologie. I. Bd. Chylus. II. Bd. Lymphe. — Colin, Traité de physiologie comparée 1856. II. u. f.

werthvollen Betrachtungen führen, wenn es nur feststünde, dass die Lymphe des Beckens und der Unterleibsdrüsen übereinstimmend mit der der unteren Extremitäten zusammengesetzt wäre, und wenn die Lymphe und der Inhalt des ductus thoracicus gleichzeitig von demselben Individuum gewonnen worden wäre.

Dieses ist nicht der Fall, darum gewinnen die aus den nachstehenden Zahlen abzuleitenden Schlüsse eine zweifelhafte Gültigkeit.

		Wasser.	Gelöste Eiweissstoffe u. Körnerchen.	Faserstoff.	Extrakte.	Fett.	Beobachter.
Reine Lymphe	Mensch	93,73	4,28	0,06	1,28	0,65	*Gubler.*
Inhalt d. ductus thoracicus	„	92,43	6,00	0,32	?	0,50	*L'Héritier.*
		Wasser.	Eiweiss.	trockener Kuchen.	Extrakte.	Fett.	
Reine Lymphe	Pferd	96,34	2,11	0,19	1,06	Spuren	*Gmelin.*
Inhalt d. ductus thoracicus	„	93,79	4,07	1,06	1,13	wenig	

Der Verlust in der Lymphanalyse des Pferdes betrug 0,2 pCt. — Soweit die unvollkommene Untersuchuug zu schliessen erlaubt, enthielten die Lymphe und der Inhalt des ductus thoracicus, also auch der aus dem Darme kommende Antheil desselben, gleiche Bestandtheile. Diese Folgerung scheint um so gerechtfertigter, als die in den Chylusgefässen der hungernden Thiere strömende Flüssigkeit ebenfalls entweder direkt oder indirekt (vermittelst der Darmsäfte) aus dem Blute stammt, Betrachtungen, die man über die quantitativen Unterschiede anstellen wollte, würden zu nichts führen.

Die Nachrichten, die uns von dem Chylus gefütterter Thiere zu Theil geworden, sind ebenfalls meist gewonnen durch die Untersuchung des ductus thoracicus. Diese Thatsachen haben Werth, indem sie die Natur der Säfte feststellen, welche während der Verdauung in das Blut kommen; eine selbst beschränkt deutliche Vorstellung über das Verhältniss von der Zusammensetzung des Chylus und der Speisen geben sie nicht, weil den betreffenden Analysen nur unvollkommene Angaben über die Zusammensetzung der letzteren selbst beigegeben sind. Bei Anstellung ähnlicher Beobachtungen dürfte es am vortheilhaftesten sein, die Zusammensetzung des Speisebreies, aus welchen der Chylus seinen Ursprung nahm, zu ermitteln.

Der Inhalt des ductus thoracicus enthält nach den vorliegenden Beobachtungen jedesmal Eiweiss, Faserstoff, Extrakte, salzsaure und phosphorsaure Alkalien und phosphorsaure Erden; nach mehl- und zuckerreicher Nahrung kommt dazu in einzelnen Fällen auch

Zucker und nach fetthaltigen Speisen (Fleisch, Milch u. s. w.) reichlich (bis zu 3 pCt.) aufgeschwemmtes Fett. Rücksichtlich aller übrigen Eigenschaften bietet sich keine feste Beziehung zu der Nahrung, indem man bald nach Fleisch- und bald nach Pflanzenkost das Blutroth, den Faserstoff, das Eiweiss vermehrt oder vermindert fand.

b. Die Beziehungen zwischen der Zusammensetzung von Blut und Chylus sind durch den Versuch in beschränkter Weise aufgehellt; Fenwick*) giebt an, dass Blutlaugensalz, in die Venen eingesprützt, im Inhalte des ductus thoracicus wiedergefunden wird.

c. Der Chylus soll auf seinem Wege vom Darme bis zu dem ductus thoracicus einige Veränderungen erfahren, welche man vorzugsweise dem Einflusse der Drüsen zuschreibt. Vor dem Eintritte in dieselben soll der Chylus, insofern er aus einem fetthaltigen Chymus stammt, viel mehr feine Tröpfchen aufgeschwemmten Fettes enthalten, als nachdem er durch die Drüsen gewandert ist. Für diese Annahme spricht nicht gerade der Augenschein, welcher lehrt, dass die Fetttröpfchen durch eine blossgelegte Mesenterialdrüse leicht aus dem Vas afferens in das Vas efferens übergehen. — Jenseits der Drüsen enthält der Chylus mehr Lymphkörperchen; da nun schon innerhalb der Schleimhaut des Darmes Lymphdrüsen gelegen sind, die Peyer'schen und solitären Drüsen, da man während der Fettverdauung diese Drüsen mit Fetttröpfchen gefüllt sieht (Brücke**), Kölliker), mithin der Chylus schon diese Drüsen durchsetzt, so wird auch der auf der Aussenfläche der Schleimhaut verlaufende Chylus schon Körperchen führen, welche sich aber von Drüse zu Drüse bedeutend vermehren (Kölliker)***).

Sehr auffallende Veränderungen zeigte der Chylus des Pferdes vor und nach den Drüsen bei einer chemischen Zerlegung von Gmelin. Die folgenden drei Analysen sind am Chylus desselben Thieres angestellt.

	Wasser.	Trocknes Coag.	Albumin.	Fett.	Extrakte u. Salze.
Ductus thoracicus	96,79	0,19	1,93	wenig	1,01
Hinter der Mesenterialdrüse	94,86	0,31	2,43	1,23	0,96
Vor der „	87,10	wenig	3,58	9,03	

Daraus hat man geschlossen, dass der Faserstoff erst jenseits der Drüsen auftrete. Colin giebt dagegen an, dass derselbe auch niemals vor den Drüsen fehle. Die geringere Menge vom Coagulum, welche Gmelin in dem Chylus vor den Drüsen findet, bezieht sich also wohl auf den Mindergehalt an Körperchen, der im Coagulum eingе-

*) Valentin, Jahresbericht für 1845. p. 175.
**) Wiener Sitzungsberichte. XV. Bd. 267.
***) Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie. VII. Bd. 182.

schlossen ist. Begreiflich beweisen aber solche Analysen für die Drüsenwirkungen überhaupt nichts, so lange man nicht dargethan hat, dass der jenseits der Drüse fliessende Saft vor dieser dieselbe Zusammensetzung besass, als der, welchen man behufs der vergleichenden Analyse aus den Gefässen vor den Drüsen genommen hat.

4. Das Volum der Flüssigkeit, welches durch die Chylusgefässe strömt, resp. der Antheil derselben, welcher aus dem Chymus seinen Ursprung nimmt, wird mit der reichlichen Anwesenheit von Fetten und gelösten Eiweissstoffen im Darmkanale und mit der Mächtigkeit der einsaugenden Kräfte sich offenbar mehren; in welchem Maasse dieses geschieht, ist unbekannt.

Wiederholt ist der Versuch gemacht worden, die mittlere Menge vom Chylus zu bestimmen, welche bei erwachsenen Menschen binnen 24 Stunden durch die Gänge strömt. Vierordt*) ging hierbei von der Voraussetzung aus, dass alles verdaute und aufgesogene Eiweiss durch die Chylusgefässe aufgenommen würde, und dass der ganze Eiweissgehalt des Chylus nur aus dieser Quelle stamme. Die Richtigkeit dieser Annahme vorausgesetzt, würde man, wenn der Chylus des Pferdes und des Menschen ungefähr gleiche Zusammensetzung besässe, aus dem bekannten Gehalte der Nahrung an Eiweiss mindestens die Grenzen ermitteln können, in denen sich die tägliche Chylusmenge bewegen würde. Die der Rechnung zu Grunde gelegten Annahmen sind aber wenigstens insofern unhaltbar, als nicht alle Eiweisskörper des Chylus aus der bezeichneten Quelle stammen, da auch während der Zeiten, in denen der Darmkanal leer ist, der Inhalt der Chylusgefässe Eiweissstoffe führt. — Eine ähnliche Betrachtung stellte Lehmann an, bei der er das aus der Nahrung aufgenommene Fett zu Grunde legte. Da sie ihr Urheber selbst zurückgezogen, so enthält man sich, wie billig, der weiteren Besprechung derselben.

Bei Pferden und Rindern legte Colin Fisteln des ductus thoracicus am Halse an, durch welche der Ausfluss Stunden und Tage lang beobachtet werden konnte. Beim Pferde betrug die stündliche Ausflussmenge zwischen 700 bis 1200 Gr.; bei Stieren und Kühen zwischen 900 und 5900 Gr. in der Stunde, vorausgesetzt, dass die Beobachtung nicht allzulange fortgesetzt wurde. Einige Zeit nach dem Fressen und Saufen mehrte sich die Ausflussgeschwindigkeit meist, aber nicht immer. — Ein Stier von 185 Kilo Gewicht, dessen Fistel bis zum vierten Tag offen blieb, gab am ersten Tag zwischen 770 und 530 Gr. stündlich; am zweiten Tag zwischen 540 und 440 Gr.; am dritten Tag zwischen 630 und 240 Gr. und am vierten Tag stündlich 315 Gr. Die Entkräftung des Thieres steigerte sich von Tag zu Tag.

5. Die Kräfte, welche den Strom des Chylus einleiten und unterhalten, werden zu suchen sein in den Zusammenziehungen der Schleimhautmuskeln, den peristaltischen Bewegungen der groben Darmmusculatur und der Elastizität der Gefässwandung.

B. Aufsaugung durch die Blutgefässe.

1. Der Diffusionsstrom, welcher zwischen dem flüssigen Antheile des Speisebreies und dem Blute in den Darmwandungen

*) Archiv für physiolog. Heilkunde. VII. Bd. 281.

besteht, führt den allgemein feststehenden Regeln entsprechend, nicht alle, sondern nur gewisse Bestandtheile der aneinander grenzenden Flüssigkeiten ineinander über. Soviel wir wissen, betheiligen sich an dem Austausche: Zucker, pflanzen-, gallen-, fett-, schwefel-, phosphor-, salz- und kohlensaure Alkalien, Farbstoffe, Eiweiss, Faserstoff (?), Wasser. Ausgeschlossen sind dagegen die Fette. — In der Richtung vom Darme zum Blute gehen Zucker, Farbstoffe, die Salze mit organischen Säuren, Wasser und wahrscheinlich auch die schwefelsauren Alkalien. Diese Behauptung stützt sich auf verschiedene Gründe. Zuerst ist der Uebergang des Zuckers und eines Theils der erwähnten Salze in das Blut dadurch erwiesen, dass man sie, während sie allmählich aus dem Darmkanale verschwanden, geradezu im Blute wieder aufgefunden hat. Die Farbstoffe hat man in den aus dem Blute kommenden Säften, z. B. dem Harne aufgefunden, ohne dass es immer gelungen wäre, ihnen in dem Chylus zu begegnen, oder man hat sie noch im Harne angetroffen, nachdem man die Chylusgefässe zerstörte, welche aus einem abgegrenzten, mit den bezeichneten Stoffen gefüllten Darmstücke hervorgehen. Endlich verlangt die Theorie das Zugeständniss, dass ein Theil der schwefelsauren Salze des Darminhaltes in das Blut einströmt, weil jene für gewöhnlich dem Blute fehlen oder, wenn sie vorhanden, sogleich durch den Harn wieder ausgeschieden werden. — Eine ähnliche Bewandniss muss es aber mit dem Wasser haben, da das Blut meist mehr feste Bestandtheile aufgelöst enthält, als der flüssige Speisebrei. — Vom Blute zum Darme muss gerinnbares Eiweiss gehen, weil der Chymus weniger davon aufgelöst enthält, als das Blut; diese Voraussage wird bestätigt durch die Erfahrung, dass Eiweiss in das Wasser austritt, welches in eine abgeschnürte und in die Unterleibshöhle zurückgebrachte Dünndarmschlinge eingesprützt wurde (Knapp).

Insofern das Blut und der Chymus ihre Bestandtheile nur durch Diffusion austauschen können, muss man es für unmöglich halten, dass die Fette aus dem Darmkanale in das Blutgefässwerk eindringen können. Nichts destoweniger sind Bruch*) und Lehmann**) dieser Meinung. Der letztere gründet dieselbe auf den grösseren Fettgehalt des Pfortaderblutes, der ihm anderen Venen gegenüber zukommt. Die Unantastbarkeit der Thatsache vorausgesetzt, beweist sie noch nicht, dass das Fett nothwendig aus dem Darmkanale stammen müsse. — Bruch beruft sich auf ein besonderes Ansehen der Capillargefässe in der Dünndarmschleimhaut, welches auch Vir-

*) Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie. IV. 285.

**) Phyisiolog. Chemie. III. Bd. 327.

chow, Brücke*), Zenker, Funke u. A. angetroffen haben; sie sind nämlich zuweilen mit einer weisslichen, dem Fette sehr ähnlich aussehenden Materie ganz oder theilweise angefüllt. Brücke hat aber durch chemische Reaktionen gezeigt, dass der weissliche Inhalt keinenfalls zu den Fetten gestellt werden kann, und Virchow**) darauf hingewiesen, dass er zum Theil wenigstens aus Leucin bestehe.

Auf die Diffusionen im Darmkanale sind die schon früher (p. 563) hervorgehobenen Bemerkungen anwendbar. Dagegen würde es ein grosses Missverständniss verrathen, wenn man auf die Strömung im Darme ohne Weiteres die Zahlen der Diffusionsgeschwindigkeit und des endosmotischen Aequivalentes in Anwendung bringen wollte, welche unter ganz anderen Bedingungen von Graham, Jolly, C. Ludwig, A. Fick, Cloëtta u. s. w. aufgefunden wurden.

C. Ueber die Aufnahme durch Blut- und Chylusgefässe zugleich.

Das praktische Bedürfniss verlangt endlich noch Aufschluss, wie sich die Aufsaugung der einzelnen Nahrungsstoffe gestaltet, gleichgültig, ob sie durch das Blut- oder Chylussystem geschehen ist. Diese Frage kann, mehrfach variirt, von der Erfahrung gelöst werden, wie es in der That für einzelne Stoffe annähernd geschehen oder wenigstens versucht ist.

1. Wenn man fragt, wieviel der gesammte Darmkanal von jedem einfachen Nahrungsstoff***) während eines langen Zeitraumes, z. B. während 24 Stunden aufnehmen kann, so leuchtet auch sogleich ein, dass für jeden Nahrungsstoff eine solche Grenze bestehen müsse, dass diese aber von Mensch zu Mensch und von Zeit zu Zeit wechselnd sein müsse. Hier scheint es nicht mehr nöthig, darauf hinzuweisen, dass mit der Bewegung des Blutstroms und der Darmmuskeln, der ausschliesslichen oder der mit anderen Stoffen verbundenen Anwesenheit der Nahrung u. s. w. sich jene Grenze mächtig ändern muss. Folgendes, welches meist aus den Thatsachen der täglichen Erfahrung abgeleitet ist, gilt darum auch nur für sie, d. h., wenn man etwa täglich 1 mal Koth entleert und nach Bedürfniss eine gemischte Nahrung geniesst.

---

*) Wiener Sitzungsberichte. XII. 682.

**) Archiv für patholog. Anatomie. VIII. 355.

***) Buchheim, Archiv für physiologische Heilkunde. XIII. 93. — F. Hoppe, Archiv für patholog. Anatomie. X. 144. — O. Funke, ibidem. XIII. 449. — Berthé, Compt. rend. Bd. 42. 901. — Osw. Naumann, Oleum jecor. Aselli ad membra animalia multo majorum affinitatem habere quam alia pinguia. Leipzig 1858 — Kaupp, Archiv für physiologische Heilkunde. 1855. 385. — Sick, ibidem 1857. 482. — Derselbe, Ueber die Abhängigkeit der SO_3 des Urins etc. Tübingen 1859. — Boussingault, Annales des chimie et physique 3me Serie. XVIII. 461, (1846). — J. Lehmann, Liebigs Annalen. 108. 357. — Bischoff und Voit, Die Ernährung des Fleischfressers. 1860.

Hier ergiebt sich, dass von den grössern zu den kleinern Werthen absteigend am meisten aufgenommen wird vom Wasser; es ist jedermann bekannt, dass viele Pfunde desselben leicht aufgenommen werden; diese Erscheinung ist auch vollkommen erklärlich. Denn das Wasser durchdringt die thierischen Häute im Allgemeinen sehr rasch und leicht, und zwar um so leichter, je weniger seiner Verwandtschaft zum Blute das Gegengewicht gehalten wird durch die im Chymus selbst aufgelösten Stoffe; darum werden verdünnte Lösungen, wie sie das gewöhnliche Trinkwasser darstellt, in ganz überraschender Menge und in verhältnissmässig kurzer Zeit aufgesaugt, und eben darum verschwindet so rasch das Wasser des Labsaftes, der Galle, des Bauchspeichels wieder aus der Darmhöhle. Das Wasser conzentrirter Lösungen dagegen, besonders solcher Salze, welche wie die schwefelsauren nur schwierig die thierischen Häute durchwandern, verlassen langsamer die Darmhöhle, da das Wasser durch seine Verwandtschaft zum Salze zurückgehalten wird und es nur in dem Maasse in die Blut- (oder Chylus-?)gefässe übergehen kann, in welchem die Lösung durch Uebertreten von Salz an Conzentration verliert (Buchheim).

Auf das Wasser folgt der Zucker; er kann täglich bis zu einem und mehreren Pfunden absorbirt werden, namentlich wenn nicht soviel auf einmal von ihm einverleibt wird, dass er Durchfall und Erbrechen bringt, sondern in dem Maass wieder nachgeschoben wird, in welchem er sich entfernt, wie es z. B. bei der Amylonverdauung zu geschehen pflegt. Doch kann auch aus einer reichlich genossenen Zuckerlösung viel aufgenommen werden; so fand Hoppe nicht die Spur von Zucker im Kothe des Hundes, der 200 Gr. gelösten Rohrzuckers auf einmal verschlungen hatte. Dass der Zucker so reichlich resorbirt werden kann, ist begreiflich, weil er auf der ganzen Darmfläche durch Chylus und Blutgefässe zugleich eingeht, und weil er aus dem Blut selbst wieder, sei es durch Umsetzung oder Ausscheidung verschwindet.

Von den eiweissartigen Stoffen kann täglich bis zu einem Pfund und darüber resorbirt werden. Wie der Durchgang einer so grossen Menge möglich, bleibt unklar, so lange man annehmen muss, dass bei der Resorption von wässerigen Lösungen im Darmkanal wesentlich die Diffusion betheiligt ist, und so lange man an der Meinung festhält, dass den Eiweissstoffen der Weg zu den Blutgefässen verschlossen sei, weil der Inhalt derselben schon sehr eiweissreich ist. Dem langsam diffundirenden Eiweiss ständen also

nur die Lymphgefässe offen. Den vorliegenden Widerspruch glaubt man lösen zu können durch die Annahme, dass das Eiweiss des Darminhaltes ein Pepton sei, diese besitzen aber, wie Funke zeigt, eine viel grössere Beweglichkeit sowohl im Filtrations- wie im Diffusionsstrom. Schon früher musste aber darauf aufmerksam gemacht werden, wie die Anwesenheit von Peptonen im Darmkanal nicht bewiesen und nicht einmal wahrscheinlich sei. Möglich wäre es, dass aber auch schon das verdaute, wenn auch noch nicht umgewandelte Eiweiss rascher diffundirte, als gewöhnliches und dass auch von diesem die Blutgefässwand durchdrungen werden könnte, weil es doch vielleicht eine eigenthümliche Eiweissmodifikation darstellt.

Die Fettaufnahme ist eine beschränktere, was schon der Mechanismus derselben vermuthen lässt. Aus einer Untersuchung, die Berthé an sich selbst anstellte, geht hervor, dass nicht alle Fettsorten gleich leicht aufsaugbar sind. Von Leberthran, Butter und andern thierischen Fetten können, wenn sie einer gemischten Nahrung zugesetzt werden, in günstigen Fällen täglich bis zu 50 Gr., meist aber nur etwa 30 Gr. aufgesaugt werden; zu den weniger leicht aufnehmbaren gehören Mandel-, Oliven-, Mohnöl; von ihm werden täglich meist nur 20 Gr. und weniger resorbirt. Uebersteigt die Menge des verzehrten Fettes den aufnahmsfähigen Werth, so nimmt bei anhaltendem Fortgebrauch jener Fettmenge der Gehalt des Kothes an Fett allmählich zu; es tritt also gleichsam eine Uebersättigung der Zotten ein, vermöge deren ihr Resorptionsvermögen geschwächt wird. — Die eben angeführten niedrigen Zahlen stechen bedeutend gegen bekannte Erfahrungen an nördlichen Völkern ab. Erfahrungsgemäss geniesst der Nordländer unbeschadet seiner Gesundheit das vielfache von dem an Thran, Speck, Butter, welches Berthé bewältigen konnte.

Als Beispiel für die Uebersättigung dienen folgende zwei Versuchsreihen von Berthé. In beiden Fällen bestand die Nahrung aus Fleisch, Brod, Früchten, Wein und Kaffee. — Zu ihr setzte er in der jetzt zu erwähnenden Reihe 6 Tage hindurch 40 Gr. Wallfischthran; von diesem wurden im Mittel 31,5 Gr. resorbirt und 8,5 Gr. erschienen im Koth. Als er nun auf 60 Gr. Thran stieg, erhob sich der Gehalt des Kothes an Thran sogleich auf 12 Gr. (also waren 48 Gr. aufgenommen). Im Verlauf der Beobachtungszeit, die 24 Tage anhielt, wuchs und zwar erst langsam und dann rasch die Fettmenge des Koths auf 50 Gr., so dass jetzt nur noch 10 Gr. vom genossenen Thran verschwanden. — Zu derselben Nahrung setzte er ein anderes Mal Butter. Zuerst 60 Gr.; dabei enthielt der Koth in 4 Tagen je 9,3 Gr. Dann aber wuchs der Buttergehalt desselben allmählich auf 12,8 Gr. Als er nur 100 Gr. Butter verzehrte, stieg der Gehalt des Kothes auf 29 Gr.; und wie er dann auf 60 Gr. Butternahrung zurückging, sank zwar in den ersten Tagen der Fettgehalt des Kothes auf 19 Gr., er-

hob sich dann aber allmählich während 8 Tagen auf 24 Gr. täglich. In dem mir zugänglichen Bericht über die Versuche von Berthé ist nicht angegeben, wieviel resorbirbaren Fettes schon an und für sich in der Nahrung enthalten war.

Ganz anders als der Darm von Berthé verhielt sich der eines Hundes, welchen Bischoff und Voit fütterten. Er wurde öfter Wochen lang mit 250 bis 300 Gr. ausgelassener Butter täglich gespeisst, ohne dass im Koth mehr als etwa 5 Gr. täglich ausgeworfen wurden.

Unter den gewöhnlichen Salzen unserer Nahrung steht in Beziehung auf die Aufnahmsfähigkeit obenan das Kochsalz; von diesem können täglich bis zu 30 Gr. durch die Darmwand gehen (Kaupp). Nach ihm folgt das phosphorsaure Natron (2 NaO HO PO_5), von dem günstigsten Falls etwa 12 Gr. täglich aufgenommen werden (Sick) und darauf endlich das $NaOSO_3$, das bis zu 6 Gr. täglich resorbirt wird. Wenn man die Aufnahme dieser Salze steigern wollte, so würde zu beachten sein, dass dieselben in gesättigteren Lösungen jedenfalls die Darmoberfläche so ändern, dass die Durchgängigkeit derselben gemindert wird. Da diese Salze wegen ihrer starken Verwandtschaft zum Wasser den Darminhalt flüssig erhalten, und dann wegen der leichten Beweglichkeit desselben auch rascher entfernt werden, so ist die Möglichkeit einer ausgiebigern Resorption auch durch Mittel herbeizuführen, welche die Darmbewegung mindern, z. B. durch eine Gabe von Opium (Buchheim).

Für Gummi scheint die Darmwand undurchdringlich zu sein (Boussingault).

Die phosphorsauren Erden könnten im Magen, wo sie von der Säure gelöst sind, in das Blut und den Chylus eindringen, wenn sie nicht an den Grenzen jener alkalisch reagirenden Flüssigkeiten niedergeschlagen würden; man sollte darum denken, dass sie nur zugleich mit den eiweissartigen Stoffen, denen sie sich verbunden haben, aufsaugbar wären. Ist dieses der Fall, so müssen sich solche Verbindungen im Darmkanal erzeugen lassen, da nach J. Lehmann das dem Futter eines Kalbes beigemengte Pulver aus phosphorsaurem Kalk und Magnesia reichlich aufgenommen wird.

2. Die absoluten Mengen einfacher Nahrungsstoffe, welche von der Flächeneinheit der Magen, Dünn- und Dickdarmwand in der Zeiteinheit aufgesogen werden können, sind bis dahin nur für Eiweiss und Zucker in dem Dünndarme des Kaninchens auf Veranlasrung Lehmann's durch Kaupp und Becker untersucht worden. Wie vorauszusehen, sind diese Werthe sehr veränderlich gefunden worden. In vier Stunden nahm der Quadratcentimeter aus einer 9 pCt. Eiweisslösung 0,001 bis 0,002 Gr. Eiweiss auf, während aus einer 4,5 pCt. haltenden Lösung nur höchstens 0,0005 Gr. übergingen. Diese Versuche lassen schliessen, dass die

aufgesaugte Menge mit der Conzentration die Lösung anwächst. Die Beobachtungen, welche Becker mit Zucker anstellte, geben durchaus andere Resultate. In 4 Stunden wurden von der oben genannten Flächeneinheit aufgesaugt aus einer 1,2prozentigen Lösung 0,003 Gr., aus einer 9prozentigen 0,005 bis 0,007 Gr., aus einer 5,8 und 3prozentigen 0,003 Gr. Als er den Versuch so abänderte, dass er eine 10prozentige Lösung 1, 2, 3, 4 Stunden in dem Darme verweilen liess, gingen in der ersten Stunde, wo die mittlere Conzentration am höchsten war, 0,003 Gr. über, in der zweiten und dritten Stunde 0,007 und in der vierten Stunde 0,008. Daraus erfolgt deutlich, dass in diesen Beobachtungen die Dichtigkeit der Lösung und die Uebergangsgeschwindigkeit in keiner einfachen Beziehung zu einander stehen; in der That kann diese Beziehung durch die ungemeine Complikation der Bedingungen verdeckt gewesen sein.

In den vorstehenden Versuchen wurde eine Darmschlinge des Kaninchens herausgezogen und abgebunden, mit einer gewogenen Menge Zucker- oder Eiweisslösung von bekannter Zusammensetzung gefüllt, dann in die Unterleibshöhle zurückgebracht, nach Verfluss der bestimmten Zeit von ihrem Inhalte befreit und in diesem die Menge des Eiweisses oder Zuckers gemessen. Jedenfalls wäre es wünschenswerth, die Lösungsdichtigkeit auch zu Ende des Versuches zu kennen. — In die von Becker gelieferte Beurtheilung seiner Versuchsresultate haben sich einige leicht zu verbessernde Versehen eingeschlichen, sodass das von ihm in Worten ausgedrückte Endergebniss der Versuchsreihen nicht annehmbar erscheint.

3. Zu den Bedingungen, welche den Umfang der Aufsaugung der Speisen bestimmen, gehört die Aufenthaltsdauer des Chymus im Darmkanale; diese ist aber gegeben einmal durch die Bewegung des Darmkanales, und dann durch den Widerstand, welchen die Klebrigkeit des Breies der Fortschaffung entgegensetzt. Somit würde also die Zeit sehr bedeutend abgekürzt, wenn der Speisebrei recht flüssig und beweglich wäre. Dieses würde aber eintreten, wenn der Darmkanal gleichzeitig viel lösliche Stoffe enthielte, die eine mächtige Anziehung zum Wasser zeigten. In dem normalen Verlaufe der Dinge musste darum dieser Uebelstand vermieden werden, was in der That dadurch geschehen ist, dass wir den Zucker nicht als solchen, sondern als Amylon, das Eiweiss nicht flüssig, sondern geronnen geniessen, und noch mehr dadurch, dass die erwähnten Speisen so ganz allmählich in die lösliche Modifikation übergeführt werden, und dass eine jede gelöste Menge durch die Verdauungssäfte aus dem noch ungelösten Antheile in entfernte Darmpartieen weggespült wird.

IV. Vergleichung des Verlustes und Gewinnes an wägbaren Stoffen.

Ein Rückblick auf die Ernährungserscheinungen des Thierleibes legt es uns nahe, die einzelnen Organe und also auch die Summen derselben zu vergleichen mit einem Wassersammler, der gleichzeitig einen Zu- und einen Abfluss erfährt. In der That dringt durch die Lunge und den Darmkanal ein Strom von Atomen in den Organismus und durch Lunge, Haut, Nieren und After wieder aus, sodass je nach dem Verhältnisse, in welchem der Umfang und die Geschwindigkeit beider Strömungen zu einander stehen, das mittlere tägliche Gewicht des Thierleibes entweder sich annähernd unverändert erhält oder in einer Ab- oder auch in einer Zunahme begriffen sein kann. Bei einer etwas tiefer eingehenden Betrachtung der Ernährungserscheinungen zeigen sich aber sogleich mannigfache Abweichungen von den Ergebnissen eines gewöhnlichen Stromes, von denen eine schon dadurch zur Andeutung kam, dass der Begriff des mittleren täglichen Körpergewichtes aufgestellt werden musste. Dieser Ausdruck weist darauf hin, dass die Summe wägbarer Atome, welche der Thierleib im Laufe eines Tags umschliesst, auf und abschwankt; dieses muss aber geschehen, weil ein Theil der Einnahmen wie der Ausgaben nicht ununterbrochen, sondern periodisch geschieht, während ein anderer Theil zwar ununterbrochen, aber mit auf und niederschwankender Geschwindigkeit ein- und ausgeht.

Der wichtigere Unterschied zwischen dem oben gewählten Bilde und Strome von Atomen durch den thierischen Körper liegt aber darin, dass die in den Thierleib geführten Massen nicht durch ihr Auftreten die in ihm vorhandenen verdrängen und hinausschieben, sondern dass sich die austretenden Atome in vielfachen Punkten unabhängig von der Zufuhr aus ihren bisherigen Verbindungen loslösen. Dieses wird sogleich einleuchtend, wenn man die Thatsachenreihe in das Auge fasst, welche als Verhungern bezeichnet wird, gleichgültig ob dieses geschieht in Folge einer allgemeinen oder einer partiellen Entziehung von Nahrungsmitteln.

Uebersicht der Verluste beim Verhungern.

Gesammthunger. Wird einem Thiere, das bis dahin zur Genüge gefüttert wurde, nur noch die Sauerstoffnahrung gewährt, während ihm jegliche feste und flüssige Nahrung entzogen wird, so nimmt sein Gewicht mehr oder weniger rasch ab. Hat diese Abnahme einen gewissen Werth erreicht, so tritt der Tod des Thieres ein.

Daraus geht hervor, dass jedes wohl ernährte Thier einen Vorrath an festen und flüssigen Stoffen birgt, auf dessen Kosten es leben kann. Es wird sich nun fragen, wie gross ist derselbe, welche chemische Zusammensetzung besitzt er und in welchen Geweben war er aufgehäuft, wie rasch braucht er sich auf und durch welche Ausscheidungswerkzeuge verlässt er den thierischen Körper.

Das Gesammtgewicht des Vorraths wird gefunden aus dem Unterschied der Gewichte, den das Thier beim Eintritt in die Hungerzeit und beim Verenden zeigt. — Die chemische Zusammensetzung ergiebt sich, wenn man die Gesammt-Menge von O, die das hungernde Thier einathmete, und die Menge von C,H,N,O,S,Cl,P_5O_2, KO,NaO, CaO, die es ausgab, bestimmte; aus diesen Daten lässt sich mit Zuhülfenahme der bekannten Zusammensetzung des Eiweisses, der Fette, des Zuckers u. s. w. wenigstens annähernd berechnen, aus welchen complizirten Verbindungen jene Ausscheidungsprodukte hervorgingen. In Anbetracht der Schwierigkeit, alle diese Zahlen gewinnen zu können, hat man gewöhnlich nur einzelne der aufgezählten Atome, z. B. den ausgeschiedenen N, die Salze u. s. w. bestimmt. Vorausgesetzt, dass aller N, der ausgeschieden, auch wirklich gewogen wurde, kann man wenigstens annähernd (indem man die Leimgewebe der Gewebe als unveränderlich ansieht) die Mengen des verbrauchten Eiweisses berechnen. — Um den Verlust, den die einzelnen Gewebe und Organe während des Hungerns erlitten, ausfindig zu machen, zerlegt man das verhungerte Thier und wägt seine anatomischen Bestandtheile. Diese Gewichte vergleicht man mit denen, welche die entsprechenden Organe eines Thieres besitzen, das nach Gewicht und Körperbau möglichst dem verhungerten gleicht zu der Zeit, als mit dem letzteren der Versuch begonnen ward. — Um einen andern allgemeinern Ausgangspunkt für den Vergleich zu erhalten, bestimmte C. Schmidt in einem normalen Thier das Gewichtsverhältniss aller einzelnen Organe oder Organgruppen zu den Knochen. Nimmt man an, dass in jedem andern gleichbeschaffenen Thier die Organe in demselben Gewichtsverhältniss zu einander stehen und ferner, dass durch den Hunger die Knochen nicht abmageren, so genügt jetzt die Wägung der Organe des verhungerten Thieres, um ihren Gewichtsverlust festzustellen. Wir wissen nicht einmal annähernd, wie gross der Fehler dieser Bestimmung ist. — Um die Geschwindigkeit des Verbrauchs, respekt. die Aenderungen dieser Geschwindigkeit zu finden, muss das verhungernde Thier von Zeit zu Zeit (von Tag zu Tag, Stunde zu Stunde u. s. w.) gewogen werden. — Berücksichtigt man bei diesen Wägungen die Menge des ausgeschiedenen Harns und Koths, so ergiebt sich aus der Differenz der Gewichte der letzten Stoffe und dem Verlust an Körpermasse die Menge der Verbindungen, welche durch die Perspiration abgingen.

Da sich der absolute Werth und die Zusammensetzung des verwendbaren Vorraths, ebenso wie die Geschwindigkeit seines Verbrauchs mit der der Gattung, dem Fütterungszustand, dem Wärmeverbrauch, der Muskelanstrengung, dem Alter des Thieres u. s. w. ändern, so muss man, um allgemeine Resultate zu erzielen, das Verhungern unter diesen verschiedenen Verhältnissen vor sich gehen lassen.

Um endlich die Versuche mit einander vergleichbar zu machen, muss man den gesammten, den täglichen oder stündlichen Verlust auf die Gewichtseinheit des Gesammtthieres oder seiner einzelnen Organe zurückführen. (Proportionaler Verlust).

1. Die Grösse des proportionalen Tagesverlustes ist veränderlich mit dem Zustand, den das Individuum darbot, als es zu hungern anfing. Diese Erfahrung begründet sich leicht, wenn man erwägt, dass der beobachtete proportionale Tagesverlust des Gesammtkörpers das Mittel ist aus den Gewichtsabnahmen der einzelnen ihn aufbauenden Gewebe und Säfte. Diese aber sind von sehr ungleicher Zersetzbarkeit, indem sich der Inhalt der Muskel- und Nervenröhren, der Leberzellen u. s. w. sehr viel rascher umsetzt, als die Knochen, die elastische Substanz, das Sehnengewebe. Je nachdem also ein dem Versuch unterworfenes Thier relativ mehr Knochen und Bindegewebe oder mehr Muskel und Fett enthält, wird auch der proportionale Tagesverlust grösser oder geringer sein.

Was für verschiedene Thiere in gleichen Terminen der Hungerperiode gilt, ist nun auch anwendbar auf ein und dasselbe Thier in verschiedenen Abschnitten der Hungerzeit, da mit derselben seine Zusammensetzung wesentlich umgestaltet wird. Namentlich muss mit der wachsenden Hungerzeit der proportionale Tagesverlust abnehmen, indem die rascher zersetzbaren Gewebe im Anfange des Fastens in relativ grösserer Menge vorhanden sein müssen, als gegen das Ende desselben. Dennoch kann kein regelmässiges Absinken des täglichen Verlustes erwartet werden, weil bekanntlich die thierische Umsetzung noch von andern Umständen, als der Anwesenheit zersetzungsfähiger Massen abhängt. Je nachdem also diese Bedingungen, wie z. B. Muskel- und Drüsenerregungen kräftiger einwirken, wird auch der Umsatz lebhafter werden und daher mag es rühren, dass der tägliche Verlust unter Schwankungen absinkt, während die Hungerzeit wächst.

Der Reihe nach folgen die besten der bisher vorliegenden Beobachtungen an Hunden, Katzen und Tauben.

a. Hund*). An demselben Thiere haben Bischoff und Voit eine sehr ausgedehnte Reihe von Fütterungsversuchen angestellt, namentlich liessen sie es auch verschiedene Male hungern, und zwar dreimal, je mehrere Tage hindurch. Diese drei Beobachtungsreihen werden hier nur berücksichtigt werden. Ausser den Thatsachen, die die folgenden Tabellen aufzählen, ist noch zu bemerken, dass das Thier vor dem ersten Fasten mit 1750 bis 1800 Gr. mageren Kuhfleisches täglich gefüttert war. Vor dem zweiten Fasten hatte es je zwei Tage hindurch absteigend 900, 600, 300, 176 Gr. mageres Kuhfleisch erhalten. Vor der dritten Hungerperiode endlich war es mit Fleisch und ausgelassener Butter gemästet worden; in dieser letzten Reihe hatte das Thier auch Wasser getrunken, was es in den frühern Reihen meist verschmähte.

I.

Körpergewicht in Kilo.	Genossenes HO in Gr.	Harn in CCM.	Harnstoff in Gr.	Gewichtsverlust in Kilo.	Gewichtsverlust auf 1 Kilo Körpergewicht in Gr.	Harnstoff auf 1 Kilo Körpergewicht in Mgr.	Harnstoff auf 1 Kilo Gewichtsverlust in Mgr.
33,31	0	202	24,48	0,59	18	0,73	41
32,72		225	25,56	0.58	18	0,78	44
32,14		205	22,76	0,52	16	0,71	44
31,62		203	20,30	0,51	16	0,64	40
31,11	63,0	135	13,23	0,42	14	0,42	32
30,75	0	160	15,23	0,42	14	0,50	36
30,33	—	—	—	—	—	—	—

II.

Körpergewicht in Kilo.	Genossenes HO in Gr.	Harn in CCM.	Harnstoff in Gr.	Gewichtsverlust in Kilo.	Gewichtsverlust auf 1 Kilo Körpergewicht in Gr.	Harnstoff auf 1 Kilo Körpergewicht in Mgr.	Harnstoff auf 1 Kilo Gewichtsverlust in Mgr.
32,85	0	186,2	16,93	0,47	14	0,52	36
32,38		170,2	17,00	0,48	15	0,53	35
31.90		156,2	15,76	0,43	13	0,49	37
31,47	—	—	—	—	—	—	—

III.

Körpergewicht in Kilo.	Genossenes HO in Gr.	Körpergewicht + Wasser.	Harn in CCM.	Harnstoff in Gr.	Gewichtsverlust in Kilo.	Gewichtsverlust auf 1 Kilo Körpergewicht in Gr.	Harnstoff auf auf 1 Kilo Körpergewicht in Gr.	Harnstoff auf 1 Kilo Gewichtsverlust in Mgr.
40,30	318	40,62	384	37,48	0,94	19	0,93	40
39,68	261	39,90	255	23,26	0,71	18	0,59	33
39,19	460	39,65	194	16,68	0,89	23	0,43	18
38,76	102	38,76	165	14,85	0,41	11	0,38	36
38,35	122	38,47	150	12,60	0,51	13	0,33	31
37,96	215	38,18	155	12,77	0.46	12	0,33	28
37,72	216	37,94	154	12,01	0,52	14	0,32	23
37,42								

*) Bischoff und Voit, Die Gesetze der Ernährung des Fleischfressers. 1860.

Diese sehr merkwürdigen Thatsachen lassen sich folgendermassen in Worten fassen.

Der absolute tägliche Gesammtverlust nimmt im Allgemeinen mit der Dauer der Hungerzeit ab. — Dasselbe ereignet sich auch mit dem proportionalen Gesammtverlust. Die Grösse dieses letztern scheint sich vorzugsweise nach der dem Hungern vorausgegangenen Fütterungsart zu richten. Vereinigt man die drei ersten Tage jeder Reihe zu einem Mittel, so ist es bei I = 17; bei II = 14; bei III, wo allerdings noch Wasser genommen wurde = 20, also bei dem am reichlichsten gefütterten Thier am grössten. Vereinigt man die noch übrigen Tage der 1. und 3. Reihe zu einem Mittel, so ist es bei I = 14,6 und bei III = 12,5, was um so bemerkenswerther ist, als das gesammte Körpergewicht bei III um 7 Kilo grösser ist als bei I.

Der proportionale Harnstoffverlust ist nach einer Fleischnahrung, insbesondere nach reichlicher, grösser als nach Fett und Fleischnahrung. Dieses gilt ganz allgemein, sowie man aus der Reihe III den ersten Hungertag nicht berücksichtigt. In allen Fällen nimmt mit kleinen Schwankungen der proportionale Harnstoffverlust mit der dauernden Hungerzeit ab.

Der Harnstoffgehalt des Gewichtsverlustes ändert sich mit der Hungerzeit, und auch hier ist im allgemeinen, namentlich in der I. und III. Reihe die Eigenthümlichkeit bemerkbar, dass das Kilo Gewichtsverlust der späteren Hungertage ärmer an Harnstoff ist als das der frühern. Unter der annehmbaren Voraussetzung, dass die umgesetzten Eiweisskörper ihren N nur durch den Harnstoff entleerten, würde dieses bedeuten, dass die chemische Natur der Umsetzung mit der wachsenden Hungerzeit sich änderte und dass namentlich die der Eiweisskörper sich relativ verminderte.

Der proportionale mittlere Perspirationsverlust, der aus den obigen Tafeln abgeleitet werden kann, wächst mit dem Gewicht der Thiere. Bei I ist er = 9,7 Gr., bei II = 8,7 Gr., bei III = 11,9 Gr.

Will man mit Bischoff und Voit noch bestimmte Annahmen über die Atomgruppen (Fett, Wassergehalt des Fleisches u. s. w.) machen, aus welchen die ausgeschiedenen Stoffe hervorgingen, so

lässt sich die Zahl der Ableitungen noch weiter mehren. Wir verweisen rücksichtlich derselben auf ihre Abhandlung*).

b. Katze**). Aus einer weiter in das Einzelne gehenden und mühevollen Versuchsreihe an Katzen schliesst Schmidt: 1) Die täglich eingeathmete Kohlenmenge ist absolut genommen in den ersten 8 Tagen der Hungerzeit am grössten, in den letzten 2 Tagen vor dem Tode am geringsten; relativ zum Körpergewichte hält sie sich dagegen in den ersten 9 Tagen nahezu gleich, in den darauf folgenden 7 Tagen wächst sie an und nimmt in den letzten 2 Tagen sehr bedeutend ab. — 2) Die ausgeschiedene Harnstoffmenge sinkt während der beiden ersten Hungertage beträchtlich, hält sich dann bis zu den beiden letzten Tagen vor dem Tode nahezu gleich; in den beiden letzten Tagen sinkt sie sehr bedeutend ab. — 3) Der Gehalt des Harnes an SO_3 und PO_5 steigt mit der Hungerzeit, der Clgehalt verschwindet dagegen vollkommen. Das Verhältniss der SO_3 zur PO_5 bleibt sich bis zum Tode gleich. Denn:

Ein Kilogramm Katze gab in 24 Stunden in Grammen

---

*) In der angezogenen Abhandlung wird der Perspirationsverlust nach jeder Versuchsreihe durch zwei Gleichungen ausgedrückt, wobei es sich jedesmal herausstellt, dass die beiden ausgerechneten Werthe nahezu übereinstimmen. — Diese Uebereinstimmung müsste als eine Bürgschaft für die Richtigkeit der Annahme angesehen werden, wenn die in den beiden Ausdrücken vorkommenden Werthe wirklich auf verschiedene Weise abgeleitet wären. Dazu hat es aber den Anschein, weil die zu den beiden Rechnungen gebrauchten Zahlen wirklich ganz verschieden aussehen. In der That sind jedoch die Werthe beider Gleichungen auf dieselbe Weise abgeleitet; sie unterscheiden sich nur durch besondere Annahmen über die Berechnung eines meist kleinen Kothantheils. Dieser Ausspruch bewährt sich durch folgendes.

In der ersten Gleichung, die nach dem N-verbrauch berechnet ist, werden folgende Werthe in den Ansatz gebracht. A' das corrigirte Anfangsgewicht, E' das corrigirte Endgewicht des Thieres, ferner K' der berechnete Koth; β ein Coëffizient, mit welchen man eine bekannte Quantität von Stickstoff multipliziren muss, wenn man erfahren will, wie viel Fleisch von bekannter Zusammensetzung mit Hülfe jenes Stickstoffs dargestellt werden kann; n der Stickstoff des gefütterten, feuchten Fleisches; n' der Stickstoff des entleerten Harnstoffs; n'' der Stickstoff des entleerten Kothes; w das genossene Wassergewicht; u das entleerte Harngewicht.

Nach der ersten Gleichung von Voit und Bischoff ist nun die Einnahme, welche das Thier macht $= W + [n\beta - (n\beta - n'\beta - n''\beta)] + n\beta - (n' + n'')\beta - (E' - A')$; die Ausgabe aber $= u + K'$. Zieht man die Ausgabe von der Einnahme ab, so erhält man die Perspiration $= P$. Also ist $P = W + n\beta + A' - E' - U - K'$. Die A', E', K' sind aber folgendermaassen zu verstehen. Es sei A das gefundene Körpergewicht beim Beginn einer Versuchsreihe, so unterscheidet sich dieses von dem corrigirten A' dadurch, dass es noch um einen gewissen Werth vermindert werden muss, welcher dem Koth entspricht, den es aus einer früheren Fütterungsreihe mitgebracht, aber noch nicht entleert hat, nennen wir diesen mitgebrachten Koth K, so ist also $A' = A - K$. Zu Ende der Versuchsreihe, wo das Thier E wog, nahm es aber auch noch Koth mit, welchen es während der betrachteten Versuchsreihe gebildet aber beim Schluss derselben noch nicht entleert hatte. Nennen wir diesen K, so ist das corrigirte Endgewicht des Thieres $E' = E - K' - K$. — Der berechnete Koth endlich ist der während der Versuchsreihe entleerte Koth k weniger des mitgebrachten nnd mehr des mitgenommenen, also $K' = k - k + K$. Setzen wir diese Werthe statt A', E' und K' in die obige Gleichung, so erhalten wir $W + n\beta + A - E - U - k + K = P$.

In der zweiten Rechnung werden dagegen unter die Einnahmen gesetzt das Anfangsgewicht A, das aufgenommene Fleisch $n\beta$, das Wasser U und unter die Ausgaben das Endgewicht E, der Harn U, der während der Beobachtungszeit ausgestossene K; also ist jetzt

$$W + n\beta + A - E - U - k = P' \text{ und } P' = P - K.$$

**) Bidder und Schmidt, Verdauungssäfte etc. p. 308 u. f.

Zeit in Stunden nach der letzten Fütterung.	Wasser durch Niere u. Darm.	Harnstoff.	SO_3	PO_5	Summe unorgan. Bestdthle.	Ausgeathmete Kohle.	Faeces wasserfrei.
8 — 32	37,09	3,437	0,133	0,144	0,518	5,641	0,503
32 — 56	22,00	2,298	0,092	0,109	0,359	5,620	0,540
56 — 80	19,39	1,887	0,080	0,104	0,309	5,883	0.484
80 — 104	19,80	1,732	0,077	0,104	0,294	5,658	0,502
104 — 128	25,39	2,227	0,091	0,129	0,333	5,594	0,779
128 — 152	20,31	2,133	0,079	0,114	0,281	5,712	0,291
152 — 176	19,25	1,968	0,075	0,113	0,271	5,642	0,339
176 — 200	21,35	2,091	0,083	0,131	0,301	5,670	0,592
200 — 224	23,26	2,263	0,083	0,119	0,301	5,971	0,982
224 — 248	19,82	1,907	0,077	0,113	0,277	6,127	0,745
248 — 272	18,22	2,723	0,073	0,110	0,264	6,024	0,643
272 — 296	18,11	1,648	0,062	0,093	0,227	6,310	0,525
296 — 320	23,33	2,166	0,087	0,115	0,303	6,439	0,287
320 — 344	25,07	2,224	0,095	0,113	0,321	6,423	0,224
344 — 368	26,76	2,052	0,084	0,104	0,296	6,534	0,223
368 — 392	32,78	2,154	0,085	0,109	0,307	6,350	0,172
392 — 416	19,93	1,216	0,049	0,065	0,182	5,850	0,119
416 — 440	10,21	0,597	0,024	0,036	0,005	4,791	0,244

Zu dieser Tafel ist zu bemerken: das dem Versuche unterworfene Thier (eine trächtige Katze) erhielt während der Dauer der Beobachtung zu 7 verschiedenen Tagen etwas Wasser, im Ganzen 131,5 Gr. — Der Harnstoff wurde nach der Methode von Heintz-Ragsky und die CO_2 in einem Respirationskasten mit Luftdurchzug bestimmt. Die für die CO_2 verzeichneten Werthe sind abgeleitet aus 44 Beobachtungsstunden, so dass das Thier im Mittel 2,5 Stunden täglich im Athembehälter verweilte. Diese Beobachtungsstunden sind so ausgewählt, dass wo möglich die eine in das Maximum und die andere in das Minimum der täglichen CO_2-Ausscheidung fällt. Eine bestimmung des durch die Lunge ausgeschiedenen N-Gases, welche nach Regnault und Reiset bei hungernden Thieren statt hat, ist nicht versucht worden. Schmidt leitet aus den Zahlen der Tabelle auch noch her, wie viel bindegewebshaltiges Fleisch und Fett sich während der Hungerzeit umgesetzt habe. Da mehrere seiner Voraussetzungen nicht festgestellt sind, wie z. B., dass aller N durch Harn und After ausgeschieden sei, dass das fettfreie, bindegewebshaltige Katzenfleisch zu allen Zeiten der Hungerperiode gleich zusammengesetzt sei u. s. w., so verweisen wir auf die Abhandlungen selbst. Wir kehren zurück zu der Aufzählung weiterer Beobachtungen.

Da auch täglich mehrmals das Körpergewicht der oben geschilderten Katze bestimmt wurde, so konnte noch festgestellt werden: 4) dass der Verlust, der durch Haut und Lunge geschieht, in der Nacht geringer als bei Tage ist; die Unterschiede treten in den ersten Tagen beträchtlicher hervor; in den letzten, nachdem das Thier erblindet war, verschwanden sie dagegen nahezu. Nach einer Mittelberechnung von Schmidt*) liegt der grösste Werth zwischen 12—6 Uhr Mittags, der niedrigste zwischen 2—6 Uhr Nachts. — 5) Die täglich abgesonderte Gallenmenge nimmt bei hungernden Katzen sehr rasch ab in den ersten beiden Tagen (p. 323), von da sehr allmählich bis zu dem 10. Tage. Vorausgesetzt, dass bei der vorliegenden Katze in demselben Verhältniss zum Körpergewicht Gallenausscheidungen stattgefunden haben, wie in der früher aufgeführten Beobachtung, so lässt sich nach Schmidt behaupten,

*) l. c. in der Tabelle XVII. p. 347.

dass im Beginn der Beobachtung nur ein kleiner Theil, vom 10. Tage an aber die ganze Menge der ausgeschiedenen Galle durch die Faeces entleert worden sei.

c. Taube. Aus den Versuchen*) von Chossat und Schuchardt an Tauben geht rücksichtlich des täglichen Verlustes hervor, 1) dass er, alles Andere gleichgesetzt, steigt mit dem Körpergewichte. — Er variirt gewöhnlich in der Art, dass er in den ersten Tagen nach der Nahrungsentziehung sehr beträchtlich ist, dann gegen die Mitte der Hungerzeit abnimmt, in den letzten Tagen vor dem Tode wieder ansteigt und einige Stunden vor letzterem aber rasch absinkt. — Der grösste Theil des täglichen Verlustes fällt auf Haut- und Lungenausdünstung. Zur Bestätigung dieser Behauptung lassen wir die Beobachtungsreihen von Schuchardt folgen:

Reihenfolge der Hungertage.	Gewicht der Taube im Beginn der Versuchsreihe 268,0 Gr.			Gewicht der Taube im Beginn der Versuchsreihe 279,0 Gr.			Gewicht der Taube im Beginn der Versuchsreihe 293,0 Gr.		
	Verlust			Verlust			Verlust		
	Insgesammt.	durch Lunge u. Haut.	durch Harn und Faeces.	Insgesammt.	durch Lunge u. Haut.	durch Harn und Faeces.	Insgesammt.	durch Lunge u. Haut.	durch Harn und Faeces.
1.	15,0	11,5	3,5	17,0	13,2	3,8	22,8	13,3	9,5
2.	13,2	10,7	2,5	14,2	11,2	3,0	16,0	11,2	4,8
3.	11,6	9,6	2,0	15,8	—	—	18,0	13,0	5,0
4.	11,5	7,3	4,2	18,0	11,2	6,8	19,1	14,0	5,2
5.	12,7	6,6	6,1	28,8	21,6	7,2	21,0	14,0	7,0
6.	14,3	7,1	7,2	1,2	1,2	0,0	7,1	7,1	0,0
7.	10,4	8,4	2,0	—	—	—	—	—	—

Boussingault**) fand, dass hungernde Turteltauben in der Nacht weniger Kohlenstoff verlieren, als bei Tage. Eine Turteltaube hatte bei normaler Ernährung in einer Tagstunde im Mittel 0,258 Gr. C., in einer Nachtstunde aber 0,162 Gr. C. ausgeathmet. Als dieselbe 168 Stunden hungerte, verlor sie in einer Tagstunde im Mittel 0,117 Gr. C., in einer Nachtstunde aber 0,075 Gr. C.

Zur Charakteristik der Lebensvorgänge resp. des Verlustes beim Verhungern trägt noch wesentlich bei die Feststellung des Verhaltens der thierischen Wärme und der Athembewegungen an den einzelnen Hungertagen, wie sie Chossat***) in ausgedehnter Weise für Tauben geliefert hat. Um die einzelnen Beobachtungen zur Gewinnung von Mittelzahlen vergleichbar zu machen, theilte er die Lebensdauer jedes einzelnen Thieres vom Beginn des Hungerns bis zum Todestage (diesen exclusive) in drei gleiche Theile und zog nun aus allen gleichnamigen Abschnitten die folgenden Mittel. Die Temperaturen bestimmte er im Mastdarme und die Athemzüge zählte er um Mittag und Mitternacht. Die Beobachtungen während des genügenden Futters sind an denselben Thieren gewonnen. Die Temperaturmessungen ergaben:

	Temperatur während der Hungerzeit.			Temperatur während normaler Fütterung.
	Erstes Drittheil.	Zweites Drittheil.	Drittes Drittheil.	
Mittag	42,11° C.	41,87° C.	41,37° C.	42,22° C.
Mitternacht . .	39,85 „	38,72 „	37,32 „	41,48 „
Unterschiede . .	2,26 „	3,15 „	4,05 „	0,74 „

*) Chossat, Sur l'inanition. Mémoires des savans étrangers. VIII. Bd. — Schuchardt, Quaedam de effectu quem privatis sing. part. nutrimentum constituentium etc. Marburg 1847.

**) Annales de chim. et phys. 3me sér. XI. (1844.) 445.

***) l. c. p. 107. u. f.

Am letzten Tage sank die Temperatur sehr rasch; war sie auf 26° angelangt, so gingen die Thiere zu Grunde.

Die Zählung der Athembewegungen stellte fest:

Zahl der Athemzüge in der Minute während der Hungerzeit.			Zahl d. Athemzüge in der Minute während normaler Fütterung.
Erstes Dritttheil.	Zweites Dritttheil.	Drittes Dritttheil.	
25	23	21	31

Vereinigt man alle Zählungen der Athembewegungen bis zum Tage vor dem Hungern, so erhält man um Mittag 22 und um Mitternacht 24 Athemzüge in der Minute; während der hinreichenden Ernährung athmeten die Tauben am Mittag 36 Mal und um Mitternacht 32 Mal in der Minute. Das auffallende Ergebniss, dass bei der verhungernden Taube in der Nacht die Athemfolge beschleunigter gefunden wurde, ist nach Chossat wahrscheinlich darin begründet, dass die Thiere durch den Beobachter aus dem leisen Schlaf aufgeschreckt wurden, den sie während der Hungerzeit geniessen. Am letzten Lebenstage sank das Minutenmittel der Athemzüge auf 19 herab.

2. Der proportionale Gesammtverlust, oder der Quotient aus der Gewichtsabnahme des Thieres während der ganzen Hungerzeit in das Körpergewicht vor Beginn der letzteren, ist ebenfalls sehr veränderlich gefunden worden, und insbesondere haben die Beobachtungen von Chossat aufgedeckt, dass junge magere Turteltauben (mittleres Anfangsgewicht = 110 Gr.) im Mittel schon bei einem proportionalen Gesammtverlust von 0,25 starben, während er bei älteren fetten (mittleres Anfangsgewicht = 189 Gr.) den Werth von 0,46 erreichen musste, bevor sie zu Grunde gingen. Diese Erscheinung findet ihre Erklärung darin, dass eine gleichwerthige Abzehrung verschiedener Organe des Thierkörpers von ganz ungleichen Folgen für das Bestehen des Lebens sein muss, wie z. B. offenbar die Abmagerung der Herzmuskeln und des Hirns viel ergreifender wirkt, als die des Fettes, des Bindegewebes, des Skelets und seiner Muskeln. Da aber die Thiere, welche einen geringern proportionalen Gesammtverlust ertrugen, auch nach viel kürzerer Zeit (nach 3 Tagen) hinstarben, als die alten und fetten (nach 13 Tagen), so folgt auch aus den gemachten Mittheilungen, dass ein Reichthum an Skeletmuskeln und Fett die wichtigeren Organe vor wesentlichem Verlust zu schützen vermag, sei es, dass die umsetzenden Einflüsse nicht eher die letzteren Gebilde angreifen, bevor die ersteren bis zu einem gewissen Grade aufgezehrt sind, oder sei es, wie wahrscheinlicher, dass die wichtigeren Organe und insbesondere das Hirn tägliche Verluste auf Kosten des Fettes und der Skeletmuskeln wieder ersetzen, so lange diese vorhanden. Zur

Unterstützung der letzteren Alternative dient namentlich die Beobachtung, dass das Hirn unter allen Organen durch den Hunger den geringsten proportionalen Verlust erlitten hat, obwohl dieses Organ, so lange es lebt, nothwendig auch umgesetzt werden muss, denn ohne dies würde weder sein arterielles Blut in kohlensäurehaltiges venöses umgewandelt werden können, noch könnte das Organ fortwährend lebendige Kräfte entwickeln.

Von einem nicht untergeordneten Interesse sind die Beobachtungen über den proportionalen Gesammtverlust, den die einzelnen Organe durch das Hungern erleiden. Die Zergliederung der Thiere wurde von Chossat unmittelbar nach dem Tode vorgenommen und die ausgeschnittenen Organe sogleich gewogen. Hierbei konnte jedoch ein Verlust durch Wasserverdunstung nicht vermieden werden, welcher sich bis zu 8 pCt. steigerte. Um diesen Uebelstand zu beseitigen, wurden auch die getrockneten Organe mit einander verglichen. Das Mittel aus allen Wägungen lieferte nun die folgende Tafel, in welcher die Zahlen den Verlust bedeuten, welchen 100 Theile des betreffenden frischen oder wasserfreien Organ es während der ganzen Hungerzeit erleiden.

	frisch.	trocken.		frisch.	trocken.		frisch.	trocken.
Fett	93,3	—	Uebrige Skeletmuskeln	35,6	35,9	Lungen, blutleer	22,4	22,5
Blut	61,7	—				Knochen	—	16,7
Milz	71,4	66,6	Alle Muskeln im Mittel	42,4	34,5	Augen	10,0	—
Pankreas	64,4	65,2				Hirn	0,0	9,0
Leber	52,0	47,3	Pharynx und Oesophagus	34,2	—	Rückenmark	7,0	
Herz	44,8	46,9	Haut	33,3	—			
Gedärme	42,4	—	Nieren	31,9	—			
Brustmuskeln	53,1	55,0						

Auf demselben Wege hat Schuchardt für die feuchten Organe ganz ähnliche Zahlen erhalten.

Da wir die täglichen proportionalen Verluste der lebenden Gesammtkatze angegeben haben, für welche Schmidt die Organverluste berechnet hat, so lassen wir hier auch die von ihm gegebenen Zahlen der letzteren folgen, wobei wir uns jedoch auf die beschränken, welche mit den Beobachtungen von Chossat vergleichbar sind. Sie beziehen sich sämmtlich auf die getrockneten Organe und haben die Bedeutung derjenigen in der vorhergehenden Tafel.

Mesenterium und Fettgewebe	91,3	Muskeln und Sehnen	65,0
Blut	90,4	Haut	5,7
Milz	70,2	Lungen	10,5
Pankreas	84,5	Gehirn und Rückenmark	32,9
Leber	64,7	Knochen	0,0
Darmkanal	27,8		

Berücksichtigt man nun, dass unter den thierischen Gewebstheilen, welche vorzugsweise zum Verluste kommen, Blut, Muskeln und Fettgewebe dem Gewichte nach überwiegen über alle anderen, so folgt daraus, dass das hungernde Thier auf Kosten seines Blutes, seines Fettes und Muskelgewebes lebt, wobei sich u. A. die auffallende Erscheinung einfindet, dass bei der Taube die zum Aufrechthalten des Rumpfes be-

nutzten Muskeln, welche während der Hungerzeit öfter in Bewegung sind, weniger verlieren, als die ruhig gehaltenen Flugmuskeln; es haben sich also auch die Muskeln gegenseitig ernährt. — Der grosse Verlust des Hirns und Rückenmarkes beim Säugethiere, gegenüber dem verschwindenden beim Vogel, bedarf weiterer Bestätigung.

Verhungern bei qualitativer ungenügender Nahrung. Unvollständige Nahrung. An die Versuche mit vollkommener Nahrungsentziehung schliessen sich die, bei welchen nur einer oder einige der lebensnothwendigen Stoffe dem Thier vorenthalten werden. Diese Reihen können zu verschiedenen Erfolgen führen. — 1) Der Tod erscheint mindestens so rasch wie beim Gesammthunger und die Einbusse des Thieres an Gewicht ist dabei entweder ebenso gross oder auch kleiner als beim Verhungern nach Entziehung aller Nahrung. — Im ersten Fall würden die festen, flüssigen und gasförmigen Ausgaben des Thieres nicht alle die Stoffe enthalten, die sie beim Gesammthunger führen, sondern auch noch diejenigen, welche in der qualitativ ungenügenden Nahrung gereicht wurden; daraus würde dann hervorgehen, dass die Fähigkeit eines Nährstoffes, sich im thierischen Körper anzusammeln, nicht allein von seiner chemischen Zusammensetzung, sondern auch von der Natur des Gemenges abhing, in welchem dasselbe genossen wurde. — Wenn dagegen das Thier ebenso rasch wie beim Gesammthunger zu Grunde geht, dabei aber im Augenblick des Todes merklich schwerer ist, als es voraussichtlich beim Tod nach vollkommener Nahrungsentziehung gewesen sein würde, so würde daraus zu folgern sein, dass das Thier aus der qualitativ ungenügenden Nahrung allerdings Stoffe aufnehmen konnte, aber dass dieselben keine lebensfähigen Verbindungen darzustellen vermögen. — 2) Das Thier konnte aber beim Theilhunger auch viel später als bei Gesammthunger sterben. Dann würden auch die den Auswurf führenden Absonderungen anders zusammengesetzt sein als bei vollkommener Nahrungsentziehung; dieser Erfolg würde bedeuten, dass die wenn auch unvollkommene Nahrung theilweise wenigstens ergänzend für die zum Leben nothwendigen Umsetzungen eintreten könnte. — 3) Auch könnte es sich ereignen, (namentlich wenn der Nahrung das eine oder andere Salz fehlte), dass von dem Augenblick an, wo der Gehalt des Thieres an dem Stoff, welcher der Nahrung nicht zugesetzt ist, auf ein Minimum herabgebracht ist, dieser mit Hartnäckigkeit vom Organismus zurückgehalten würde. Möglicherweise würde er aber auch durch einen andern chemisch verwandten, ohne dass der Tod erfolgte, verdrängt und

durch diesen ersetzt. Daraus würden sich vielleicht Fingerzeige für den Antheil des fraglichen Stoffes an den Lebensvorgängen ergeben.

Das Folgende giebt die wichtigern der bekannten Thatsachen.

Entziehung aller festen Nahrung. Reicht man den Thieren, während man ihnen alle feste Nahrung vorenthält, nach Belieben Wasser, so geniessen einige gar kein Wasser mehr, andere verschmähen es erst nach einigen Tagen, noch andere endlich nehmen es fortwährend. Der von Bischoff und Voit beobachtete Hund soff, wenn er nach einer Nahrung aus magerm Fleisch hungerte, nichts oder nur selten; während des Hungers nach vorgängiger Fütterung aus Fleisch und Fett nahm er dagegen Wasser auf. Wünscht man also die Erscheinungen des alleinigen Hungers an festen Stoffen bei einem das Wasser verschmähenden Thier zu erfahren, so ist es nothwendig, das Wasser in den Magen zu spritzen. Stellt man die Beobachtungen, welche Schmidt an zwei Katzen, von denen die eine wenig, die andere viel Wasser enthielt, zusammen, so ergiebt sich, dass 1 Kilogr. Katze im Mittel 24 Stunden verliert:

Tägliche Wasseraufnahme.	Harnstoff.	SO_3	PO_5	Uebrige Harnsalze.	Ausgeathmete Kohle.	Faeces wasserfrei.	Wasser durch Niere und Darm.
51,12	2,237	0,055	0,071	0,263	4,447	0,215	55,47
5,97	2,06	0,082	0,116	0,296	5,460	0,589	21,47

Diese Beobachtungsreihe lässt erkennen, dass mit der vermehrten Aufnahme des Wassers auch die Ausscheidung desselben, aber nicht im Verhältnisse der Aufnahme, zunimmt. Dieser Schluss dürfte keine Anfechtung dadurch erleiden, dass die durch Verdunstung verlorenen Wassermengen nicht angegeben sind, indem mindestens die Annahme gerechtfertigt ist, dass die erstere Katze, welche weniger CO_2 ausathmete, als die letztere, durch die Lungenverdunstung nicht mehr Wasser verloren habe als die letztere; der Wasserverlust durch die Haut dürfte aber bei behaarten Thieren überhaupt nicht hoch anzuschlagen sein. Genügt nun, wie in unserm ersten Falle, die eingeführte Wassermenge, um den grössten Theil des Wasserverlustes zu decken, so muss nothwendiger Weise bei fortschreitender Abnahme der festen Bestandtheile der prozentische Wassergehalt der Organe in einem Steigen begriffen sein, woraus mancherlei Störungen derselben erwachsen werden. In der That stellen sich diese in der oben zusammengestellten und in einer gleichartigen Beobachtungsreihe ein, welche Chossat an Tauben ausführte. — Die mitgetheilte Zusammenstellung lässt ausserdem schliessen, dass der tägliche Verlust an festen Bestandtheilen geringer werde bei einer reichlichen Tränkung mit Wasser. Dieser Satz scheint aber nur von Geltung für die Säugethiere zu sein, da Chossat ihn wohl bei Kaninchen, nicht aber bei Tauben, die unter gleichen Verhältnissen verhungerten, bestätigt fand.

Entziehung des Wassers. Zu denen des Durstes gesellen sich sehr bald die Folgen des Hungers, indem die Thiere die trockne Nahrung mehr und mehr und endlich ganz verschmähen. Eine Anschauung des allgemeinsten Vorganges giebt folgender Versuch von Schuchardt, welcher aus einer grossen Reihe ausgewählt wurde. Die verdurstete Taube wog im Beginn des ersten Versuchtages 301,0 Gr. Ihre Nahrung bestand aus lufttrockner Gerste. Die proportionalen Verluste sind auf das Anfangsgewicht eines jeden Tages bezogen.

Tag.	Körpergewicht am Ende des Tages.	Verzehrte Körner.	Gewicht der täglichen Endausgaben für die Einheit des Körpergewichts.	Hiervon durch Niere und Darmkanal.
1.	280,0 Gr.	23,0 Gr.	0,188 Gr.	0,090 Gr.
2.	267,0 „	16,8 „	0,106 „	0,040 „
3.	259,2 „	13,0 „	0,078 „	0,027 „
4.	249,5 „	7,9 „	0,068 „	0,021 „
5.	239,0 „	12,5 „	0,092 „	0,033 „
6.	231,0 „	10,5 „	0,077 „	0,036 „
7.	222,5 „	12,1 „	0,089 „	0,042 „
8.	214,4 „	15,0 „	0,106 „	0,040 „
9.	207,4 „	11,2 „	0,085 „	0,040 „
10.	196,0 „	9,8 „	0,102 „	0,038 „
11.	186,0 „	8,3 „	0,098 „	0,033 „
12.	177,3 „	7,0 „	0,094 „	0,040 „
13.	163,2 „	10,0 „	0,134 „	0,067 „
14.	160,2 „	0,0 „	0,019 „	0,000 „

Die wässerigen Abscheidungen, insbesondere die des Harns, nehmen beträchtlich ab; sie betrugen an einem verdurstenden Hunde nach Falk und Scheffer in den ersten drei Hungertagen im Mittel täglich = 46,0 Gr., in den folgenden drei = 25,5 Gr., in den darauf folgenden = 18,1 Gr. und in den letzten drei endlich = 6,6 Gr. — Die Angaben über die Verluste der einzelnen Organe schliessen sich an die bei Gesammthunger mitgetheilten an, mit Ausnahme des Fettes, welches beim Genuss trockener Nahrung nicht sehr beträchtlich schwindet. Die Gewichtsabnahme der Organe geschieht allerdings auch durch den Austritt fester Bestandtheile; vorzugsweise aber entfernt sich aber das Wasser, sodass die Organe relativ trockener werden; vergleicht man die Rückstandsprozente derselben Organe zweier möglichst gleicher Thiere, von denen das eine nach normaler Ernährung, das andere durch Entziehung des Wassers getödtet war, so findet man, dass Haut, Sehnen, Muskeln, Darmkanal und Blut 4 bis 11 pCt. fester Bestandtheile mehr enthalten, während sich die Zusammensetzung des Hirns und der meisten Drüsen nicht verändert hat (Scheffer).

Entziehung der Eiweissnahrung. Wir besitzen hierüber Angaben von Schuchardt, welcher die dem Versuche unterworfenen Tauben mit einem Gemenge von Amylon, Gummi, Zucker, Oel und den gewöhnlichen Blutsalzen in einem Verhältnisse fütterte, in dem sie von Norton*) im englischen Hafer beobachtet wurden. Die Uebersicht über den täglichen Gewinn und Verlust giebt die folgende Tafel, welche nur eines der drei untersuchten und in ihren Erscheinungen wohl übereinstimmenden Thiere berücksichtigt. Die ganze Beobachtungszeit ist in vier gleiche Theile von je 5 Tagen gespalten und aus jedem derselben das Tagesmittel genommen. Bei Beginn des Versuches betrug das Körpergewicht 344 Gr.

Zeit der Beobachtung.	Körpergew. am Ende des Tages.	Täglich aufgenommen		Für die Gewichtseinheit des Thieres		
		Feste Speise.	Wasser.	Endausgabe.	durch Haut und Lunge.	durch Niere und Darm.
1. Viertel	310	16,5	29,2	0,152	0,061	0,116
2. „	307			0,149		
3. „	258			0,204		
4. „	230,5			0,231		

*) Giessener Jahresbericht für 1847, 1095, (Hopetonhafer, I. Columne).

Frerichs*), welcher bei einem ähnlich gefütterten Hunde die Harnstoffausscheidung mass, fand sie (im Verhältniss zum Körpergewicht) beträchtlich geringer als bei anderen normal ernährten, aber nicht wesentlich niedriger als bei hungernden Hunden.

Der proportionale Gesammtverlust, den die von Schuchardt beobachteten Tauben bis zum Tode erlitten, war viel geringer, als bei allen denen, welche unter den früher aufgezählten Umständen verhungert waren; entsprechend war auch der proportionale Gesammtverlust der einzelnen Organe verschieden.

Blut	0,514	Darmkanal	0,287
Brustmuskeln	0,453	Knochen	0,204
Fett	0,393	Hirn	0,138
Herz, Haut, Leber	0,377	Lungen	0,010
		Augen	0,009

Es wird nicht entgehen, wie sehr das Fett und die Drüsen geschont sind, im Vergleich zu anderen verhungerten Thieren. Die Verluste an Muskelsubstanz sind dagegen nicht niedriger geworden.

Nahrung aus Fett und Wasser. Bischoff**) verglich an demselben Hunde die Ausgabe, während dieser das eine Mal nur mit Wasser, das andere Mal mit Fett und Wasser gefüttert wurde.

Für 1 Kilogr. Hund in 24 Stunden:

Mittleres Gesammtgewicht.	Eingenommen		Ausgegeben				
	Wasser.	Fett.	Körpergewicht.	durch Darm und Niere.	durch Haut und Lunge.	an Harnstoff.	N.
38,160 Kilo	13,08 Gr.	0,0 Gr.	13,41	10,81	15,63	0,552	0,257
36,016 „	24,91 „	7,17 „	0,97	16,34	16,72	0,371	0,173

Zu dieser Beobachtung gehört die Bemerkung, dass derselbe Hund, welchem bei verschiedenem Körpergewichte die festen Speisen entzogen und nur Wasser gegeben wurde, nicht immer dieselbe proportionale Harnstoffmenge aussonderte; bei einem mittleren Körpergewichte von 24 Kilo lieferte 1 Kilogr. 0,56 Gr. Harnstoff, und bei 33 Kilo mittlerem Körpergewichte gab 1 Kilogr. 0,62 Gr. Harnstoff aus. Als er aber nach der oben erwähnten Nahrung mit Fett und Wasser noch 4 Tage hindurch nur mit Wasser gespeist wurde, sonderte 1 Kilogr. des Thieres nur noch 0,28 Gr., also weniger aus, wie zu den Zeiten der Fettnahrung. Bischoff sieht diese Erscheinung als eine Nachwirkung der Fettfütterung an und findet seine Meinung bestätigt durch den sichtbaren Fettgehalt des Kothes, welcher während der letzten Zeit entleert wurde. Zudem war in allen Beobachtungsreihen die Harnstoffausscheidung von Tag zu Tag sehr veränderlich, was zum Theil wenigstens begründet war in der unregelmässigen Entleerung der Blase. An einzelnen Tagen, ja einmal sogar während 48 Stunden, liess das Thier gar keinen Harn.

Aus diesen Beobachtungen geht hervor, dass bei der Fettfütterung das reichlicher aufgenommene Wasser und Fett den täglichen Gesammtverlust des Thieres quantitativ

*) Müller's Archiv. 1848. p. 490.

**) Der Harnstoff als Maass des Stoffwechsels. 1853. p. 35.

nahezu deckten, so dass nur eine geringe Abnahme im Gesammtgewicht des Thieres eintrat. Sie verminderte zugleich den Umsatz der stickstoffhaltigen Körperbestandtheile beträchtlich, aber sie war nicht wesentlich geringer als bei Entziehung aller Nahrung. Hierfür spricht auch ein neuer Versuch von Bischoff und Voit l. c. pag. 150.

In gewisser Weise ergänzend schliesst sich an diese eine Beobachtungsreihe von Letellier bei Turteltauben an, welche mit Butter und Wasser bis zum Tode gefüttert wurden. In Mittelzahlen aus allen Versuchen stellen sich seine Resultate folgendermaassen zusammen:

Mittleres Körpergewicht ohne Federn.		Tägl. proport. Abnahme des Körpergew.	Proport. Gesammtverlust des Fettes.	Butter tägl. im Darmkanal resorbirt.	Tägl. ausgeh. CO_2, die der normalgefütt. Thiere = 1.	Lebensdauer in Tagen.
Zu Beginn.	Zu Ende.					
15,09	90,3	0,0214	0,500	5,8 Gr.	0,685	18,42

Aus dieser Zahleureihe ist ersichtlich, dass die Kohlensäureausscheidung zwar beträchtlich herabgedrückt ist, aber doch nicht bis zu dem Maasse, das ihr bei vollen Hungern zukommt. Die unvollkommene Nahrung vermochte auffallend lange Zeit das Leben zu erhalten; diese Erscheinung scheint in Beziehung zu stehen mit dem langsamen Umsatze der eiweisshaltigen (harnstoffliefernden) Atome bei Fettnahrung. Regnault und Reiset beobachteten, dass eine mit Fett und Wasser gefütterte Ente N aus der Atmosphäre absorbirte.

Wasser und Zucker. Eine sehr reichliche und ausschliessliche Fütterung mit Zucker wirkt wegen des eintretenden Durchfalls rasch tödtlich (Chossat, Letellier). Bei einer mässigen Gabe des Zuckers gestalten sich die Erscheinungen nach Letellier an Tauben folgendermaassen:

Mittleres Körpergewicht ohne Federn.		Tägl. proport. Abnahme des Körpergew.	Proport. Gesammtverlust des Fettes.	Tägl. verabreichter Zucker in Gr.	Tägl. ausgeh. CO_2, die der normal gefütt. Thiere = 1.	Lebensdauer in Tagen.
Zu Beginn.	Zu Ende.					
149,8	98,2	0,035	0,460	13 Gr.	0,840	14,2

In mehreren der 5 Beobachtungen, aus welchen diese Mittelzahlen gezogen sind, war der Verlust durch die Faeces noch sehr bedeutend. — Die Ausscheidung der CO_2 bleibt hier immer noch sehr beträchtlich. Bei dieser Fütterungsart wird, wie bei der vorhergehenden, die Umsetzung des Eiweisses gehemmt, wie die Beebachtungsreihe lehrt, die Lehmann an sich selbst anstellte; er fand, wie schon früher angegeben, die täglich ausgeschiedene Harnstoffmenge sehr vermindert. Die Fütterung mit Zucker schützt ebenso wie die mit Fetten das im Thierleibe enthaltene Fettgewebe vor der Umsetzung, indem die Menge der letzteren in den Thieren, welche bei Fett und Zucker verhungert waren, beträchtlich höher geblieben ist, als bei Thieren, die am Gesammthunger starben.

Letellier bestimmte den Fettgehalt in der Haut und im Netze durch Auskochen, in dem gekochten Rückstande und in dem übrigen Thiere aber dadurch, dass er dasselbe trocknete, pulverte und mit Aether auszog.

Eiweissartige Körper oder Leim und Wasser. Die ausschliessliche Fütterung mit eiweissähnlichen Stoffen hat bis dahin nur Boussingault bei Enten in Anwendung gebracht; von seinen Bestimmungen an diesen Thieren haben für uns

nur Werth die der ausgeschiedenen Harnsäure. Eine hungernde Ente lieferte stündlich 0,01 Gr. Harnsäure in die Faeces; eine mit reinem Leim und reinem Käse oder gewaschenem und gepresstem Ochsenfleische gefütterte 0,44 bis 0,50 Gr. Der grössere Gehalt der Faeces an Harnsäure war schon wenige Stunden nach der Fütterung mit den erwähnten Stoffen eingetreten.

Eiweiss, Zucker, Wasser. Letellier führte eine Versuchsreihe an Turteltauben aus, sie ergiebt in ihren Mittelzahlen:

Mittleres Körpergewicht ohne Federn.		Tägliche proportionale Abnahme des Körpergew.	Proportionaler Gesammtverlust der Fette.	Täglich verabreicht an Zucker und Eiweiss.	Lebensdauer in Tagen.
Zu Beginn.	Zu Ende.				
137,2	96,95	0,017	0,800	Zucker 10 Gr. Eiweiss 12 „	17,17

Die Faeces waren sehr reich an Harnsäure.

Eiweiss, Blutsalze, Wasser. An die eben gegebenen schliessen sich eng an Versuche mit Tauben, welche Schuchardt mit Hühnereiweiss und einem Salzzusatz fütterte in dem Verhältnisse, in welchem Salz und Eiweissstoffe im Hafer vorhanden sind. Die Lebenszeit, welche eine dieser Tauben, die wir als Beispiel auswählen, bei der unvollkommenen Fütterung erreichte, ist in drei gleiche Theile getheilt; die Mittelzahlen der Einnahmen und Ausgaben aus jeder derselben sind in der folgenden Tafel eingetragen. Das Anfangsgewicht des Thieres betrug 367,0 Gr.

	Körpergew. am Ende der Periode.	Tägliche Nahrung.		Tägliche Ausleerung für die Einheit des Körpergewichts.		Lebensdauer.
		An Wasser.	An Eiweiss und Salzen.	Durch Niere und Darm.	Durch Haut und Lunge.	
1. Dritttheil.	330,0 Gr.	21,3 Gr.	3,2 Gr.	0,055	0,054	9 Tage.
2. „	301,0 „	17,3 „	3,2 „	0,038	0,042	
3. „	233,8 „	14,8 „	3,2 „	0,050	0,084	

Nach der Section stellte sich der proportionale Verlust der wichtigsten Eingeweide folgendermaassen heraus:

Fett	= 0,821	Haut	= 0,418	Lungen	= 0,042
Blut	= 0,787	Herz	= 0,424	Knochen	= 0,038
Brustmuskeln	= 0,507	Leber	= 0,413	Hirn	= + 0,074

Das Hirn hatte also mindestens keinen Gewichtsverlust erlitten.

Versuche mit vollkommenem Ausschluss der salzigen Nahrungsmittel sind bis dahin noch nicht angestellt worden.

Vollständige Nahrung.

Unter einer vollständigen Nahrung ist diejenige begriffen, welche sämmtliche, zur Lebenserhaltung nothwendige Nahrungsstoffe enthält. Die vollständige Nahrung kann aber ihre einzelnen Gemengtheile in sehr ungleichen Verhältnissen enthalten, z. B. vorzugsweise aus Eiweisskörpern oder Amylaceen und Fetten bestehen, wie dieses

z. B. bei den natürlichen Speisen der Thiere (Fleisch, Körner, Gras) der Fall ist. — Die Nahrung mit gleichem prozentischem Gehalt ihrer Gemengtheile kann demselben Thier in ungleichen Mengen gereicht werden. — Das Thier kann zwar von derselben Art, aber an Alter, Gewicht u. s. w. verschieden sein, sich während der Fütterungszeit ausruhen oder anstrengen, mehr oder weniger abkühlen u. s. w. — und endlich, es können Thiere aus verschiedenen Familien, Ordnungen, Klassen methodisch gefüttert werden. Es bleibt also auch hier eine unendliche Variation des Versuchs möglich.

Mensch. Die nachstehende Beobachtung ist von Barral*) (47,5 Kilo schwer) an sich selbst angestellt.

I. Beobachtungszeit 5 Tage. Mittlere Temperatur — 0,54° C. Barometer 756,11 MM.

Aufgenommen.	Für 1 Kilogr. in 24 Stunden in Gr.					
	C.	H.	N.	O.	HO.	Summe.
In den Nahrungsmitteln.	7,7	1,2	0,6	7,0	42,1	
Durch die Lunge.	—	—	—	22,3	—	
Entleert.						
Durch die Verdunstung.	7,06	1,09	0,31	28,94	17,31	54,71
„ die Niere.	0,32	0,06	0,23	0,17	22,56	23,34
„ den Darm.	0,32	0,05	0,06	0,19	2,23	2,85

Der C und H, der durch Verdunstung entleert wird, giebt oxydirt für 47,5 K. CO_2 = 1230,9 Gr. und HO = 1287 Gr.; für 1 K. CO_2 = 25,91 Gr., HO = 27,08 Gr.

II. Beobachtungszeit 5 Tage. Mittlere Temperatur + 20,18° C. Barometer 754,40 MM.

Aufgenommen.	Für 1 Kilogr. in 24 Stunden in Gr.					
	C.	H.	N.	O.	HO.	Summe.
In den Nahrungsmitteln.	5,6	0,9	0,4	4,0	38,8	
Durch die Lunge.	—	—	—	16,4	—	
Entleert.						
Durch die Verdunstung.	5,12	0,81	0,16	20,13	17,06	43,28
„ die Niere.	0,29	0,06	0,21	0,15	20,59	21,30
„ den Darm.	0,19	0,03	0,03	0,12	1,15	1,52

*) Statique chimique des animaux. Paris 1850. 230.

Der C und H, der durch Verdunstung entleert wird, giebt oxydirt für 47,5 K. CO_2 = 888,4 Gr. und HO = 1158,0 Gr.; für 1 Kilo CO_2 = 19,70 Gr. und HO = 24,37 Gr.

Um diese Tabelle entwerfen zu können, hat Barral geradezu bestimmt die Menge und Zusammensetzung seiner Nahrung (Fleisch, Gemüse, Kartoffeln, Brod, Zuckerwerk, Butter, Senf, Fleischbrühe, Milch, Kaffee, Wein), seines Harnes und Kothes. Da bei der eingehaltenen Lebensweise das mittlere tägliche Gewicht des Gesammtkörpers sich unverändert enthielt, so ist annäherungsweise die Annahme erlaubt, dass die täglich ein- und ausgehenden Atome wie an Zahl so auch an Art einander gleich waren, so dass sich die Zusammensetzung des Organismus unverändert erhielt. Unter dieser Voraussetzung kann man aus den direkt erhaltenen Bestimmungen mittelst einfacher Subtraktion der sensiblen Ausleerungen von den Speisen ableiten, welche Menge der mit der Nahrung eingeführten H, C, N, O ihren Weg durch Haut und Lunge nehmen musste. Wir wollen den erhaltenen Unterschied den Verdunstungsrest nennen. Da nun ferner erlaubt ist, anzunehmen, dass der C, H und O aus der Haut und Lunge nur als Wasser und Kohlensäure austreten, so lässt sich auch berechnen, wie viel O noch zu dem Verdunstungsrest geführt werden muss, um seinen H und C zu oxydiren. Dieser Sauerstoff muss aber im freiem Zustande zum grössten Theile durch die Lungen aufgenommen sein. Obwohl man unmöglich verkennen kann, wie viel Gewagtes diese Annahmen enthalten, so ist doch einzusehen, dass sich das Resultat nicht allzuweit entfernen kann von der Wahrheit, vorausgesetzt, dass Speisen und Ausleerungen genau analysirt und die Beobachtungen über mehrere Tage fortgesetzt werden.

Katze.

Die folgenden Versuche sind von Bidder und Schmidt angestellt.

I. Mittleres Gewicht des Thieres 3,228 K. Beobachtungszeit 9 Tage.

Aufgenommen.	Für 1 Kilogr. in 24 Stunden in Gr.					
	Wasser.	C.	H.	N.	O.	Salze.
Im Fleisch, Fett u. Wasser.	60,164	6,209	0,851	1,390	2,184	0,441
Durch die Lunge.	—	—	—	—	18,632	—
Entleert.						
Durch die Verdunstung.	9,569	5,542	0,644	0,008	19,932	—
„ die Niere.	49,877	0,592	0,197	1,380	0,853	0,409
„ den Darm.	0,718	0,075	0,010	0,002	0.031	0,032

Der C und H des Verdunstungsrestes oxydirt giebt für 3,228 K. CO_2 = 65,60 Gr. und HO = 49,59 Gr.; für 1 K. aber CO_2 = 20,322 Gr. und HO = 15,368 Gr.

II. Dieselbe Katze unmittelbar nachher dem Versuch unterworfen. Mittleres Gewicht 3,228 K. Beobachtungszeit 51 Stunden.

An Speise.	Für 1 Kilogr. in 24 Stunden in Gr.					
	Wasser.	C.	H.	N.	O.	Salze.
Trocknes Fleisch und Collagen 21,0 Gr.	—	11,13	1,47	3,38	4,80	1,07
Fett 5,09 Gr.	—	3,99	0,60	—	0,53	—
Wasser	95,95	—	—	—	?	—
Summa.	95,95	15,12	2,07	3,38	5,13	1,07
Ausgegeben.						
Durch die Niere.	65,71	1,03	0,34	2,40	1,42	0,63
„ den Darm.	2,01	0,15	0,21	0,01	0,06	0,13
„ die Lunge.	?	9,23	?	?	?	—
„ die Verdunstung u. Zunahme des Körpergewichtes.	28,23	4,71	1,52	0,97	?	0,31

Dem Gewichte nach vertheilen sich die Ueberschüsse der Einnahme über die ganze Nieren-, Darm- und die beobachteten Antheile der Lungenausscheidung in der Art, dass 17,15 Gr. auf die Verdunstung und 31,39 Gr. auf die Zunahme des Körpergewichts fallen.

III. Eine andere Katze von 2,177 Kilogr. gab (Beobachtungszeit 8 Tage):

Aufgenommen.	Für 1 Kilogr. in 24 Stunden in Gr.					
	Wasser.	C.	H.	N.	O.	Salze.
Im Fleisch, Fett u. Wasser.	101,74	18,80	2,60	3,95	6,36	1,29
Entleert.						
Durch die Niere.	82,11	1,53	0,51	3,58	2,21	0,99
„ den Darm.	1,99	0,29	0,04	0,01	0,14	0,24
„ die Lunge.	?	9,32	?	?	?	—
„ die Verdunstung u. Zunahme des Körpergewichtes.	17,64	7,64	2,01	0,36	?	0,06

Dem Gewichte nach vertheilt sich der Einnahmeüberschuss über die Ausgaben durch Niere, Darm und den beobachteten Antheil der Lungenausscheidung so, dass auf die Verdunstung 9,36 Gr., auf die Zunahme des Körpergewichts 18,35 Gr. fielen.

Hund. Aus den Beobachtungen, welche Bischoff an zwei Hunden, vorzugsweise mit Rücksicht auf die Harnstoffausscheidung

anstellte, heben wir folgende hervor. Der N der Ausgabe bezieht sich immer auf den, welcher im entleerten Harnstoffe enthalten ist. Steht das Körpergewicht unter der Einnahme, so bedeutet dieses eine Verminderung, steht es unter der Ausgabe, so bedeutet dieses eine Vermehrung desselben.

I. Hund mit einem mittleren Gewicht von 31,297 Kilo-Gr. Beobachtungszeit 8 Tage.

	Für 1 Kilo Hund in 24 Stunden in Gr.							
	Kartoffeln.	Fett.	Wasser.	Koth.	Harn.	Verdunstung.	N.	Körpergewicht.
Aufgenommen.	28,95	6,53	19,12	—	—	—	0,150	—
Ausgegeben.	—	—	—	8,02	17,65	26,87	0,200	2,05

An demselben Hunde, als er im Mittel 30,107 Kilo wog, gab die Vergleichung des mit den Kartoffeln ein- und dem Harnstoff ausgeschiedenen Stickstoffquantums Folgendes:

II. Beobachtungszeit 7 Tage.

	Für 1 Kilo Hund auf 24 Stunden in Gr.		
	Kartoffeln.	Fett.	N.
Aufgenommen.	49,22	8,28	0,255
Ausgeschieden.	—	—	0,138

III. Derselbe Hund mit einem mittleren Gewichte von 35,16 Kilo. Beobachtungszeit 15 Tage.

	Für 1 Kilo Hund auf 24 Stunden in Gr.				
	Fleisch.	Wasser.	Koth.	N.	Körpergew.
Aufgenommen	74,79	?	—	2,01	—
Ausgegeben	—	?	1,62	1,73	9,57

Die folgenden Tafeln beziehen sich auf einen zweiten Hund.

I. Körpergewicht 12,5 Kilo. Beobachtungszeit 14 Tage.

	Für 1 Kilo Hund in 24 Stunden in Gr.						
	Fleisch.	Wasser.	Koth.	Harn.	Verdunstg.	N.	K.-Gew.
Aufgenommen.	47,14	1,19	—	—	—	1,42	0
Ausgegeben.	—	—	1,84	20,70	21,79	0,84	0

II. Körpergewicht im Mittel 16,44 Kilo. Beobachtungszeit 6 Tage.

	Für 1 Kilo Hund auf 24 Stunden in Gr.						
	Fleisch.	Wasser.	Koth.	Harn.	Verdunstg.	N.	K.-Gew.
Aufgenommen.	45,62	4,41	—	—	—	1,37	4,56
Ausgegeben.	—	—	1,36	30,25	20,47	1,17	—

III. Körpergewicht 17,82 Kilo. Beobachtungszeit 8 Tage.

	Für 1 Kilo Hund auf 24 Stunden in Gr.						
	Fleisch.	Wasser.	Koth.	Harn.	Verdunstg.	N.	K.-Gew.
Aufgenommen.	42,08	6,49	—	—	—	1,27	0
Ausgegeben.	—	—	1,42	22,88	24,82	0,85	0

IV. Mittleres Körpergewicht 17,75 Kilo. Beobachtungszeit 15 Tage.

	Für 1 Kilo Hund auf 24 Stunden in Gr.							
	Fett.	Fleisch.	Wasser.	Koth.	Harn.	Verdunstung.	N.	Körpergewicht.
Aufgenommen.	7,10	42,25	6,77	—	—	—	1,27	—
Ausgegeben.	—	—	—	2,84	23,68	24,29	0,87	5,31

V. Mittleres Körpergewicht 13,5 Kilo. Beobachtungszeit 14 Tage.

	Für 1 Kilo Hund auf 24 Stunden in Gr.							
	Fett.	Fleisch.	Wasser.	Koth.	Harn.	Verdunstung.	N.	Körpergewicht.
Aufgenommen.	9,73	35,52	15,34	—	—	—	1,07	—
Ausgegeben.	—	—	—	8,47	21,06	24,69	0,77	6,37

Vom 6. bis 9. Tag erhielt das Thier, weil es durch das reichlich genossene Fett zum Erbrechen gebracht wurde, nur Fleisch.

Einen dritten Hund hat Bischoff gemeinsam mit Voit*) länger als ein Jahr dem Versuche unterworfen. Bei diesen mit ungewöhnlicher Ausdauer und Sorgfalt ausgeführten Beobachtungen wurde täglich bestimmt das Gewicht des Thieres, Gewicht und Zusammensetzung des Futters, Gewicht und Zusammensetzung des Kothes, namentlich dessen Wasser-, Zucker-, Fett- und N-Gehalt; das absolute und spezifische Gewicht des Harns, dessen Harnstoff- und N-Gehalt und zuweilen auch der NaCl-Gehalt desselben. — Als

*) Die Gesetze der Ernährung des Fleischfressers. 1860.

Nahrungsmittel wurde verwendet mageres Kuhfleisch [mit folgender Zusammensetzung: Wasser = 75,9, feste Theile 24,1; in 100 Gr. der letztern : C 51,95; H 7,18; N 14,11; O 21,37; Salze 5,39], ferner ausgelassene Butter, Milch- oder Traubenzucker, Stärke, Brod [mit 53,65 festen Theilen und in 100 Gr. dieser C 45,41; H 6,45; N 2,39; O 41,63; Salze 4,12]; feinen Leim [mit 82,37 festen Theilen; in 100 Gr. derselben: C 50,00; H 6,50; N 17,31; O 25,11. — Aus dieser umfassenden Arbeit kann nur ein kurzer Auszug gegeben werden. Die in ihr niedergelegten Zahlen dürfen sich noch auf viel mannigfachere Weise, als es von den Verfassern geschehen ist, zusammenstellen und zur Lösung von mancherlei andern Fragen benutzen lassen.

Die Bedeutung der Zahlen in den folgenden Tabellen erhellt aus den Ueberschriften; unter corrigirtem Körpergewicht ist das am Anfang eines jeden Versuchstages gefundene Gewicht des Thieres zu verstehen, nachdem von diesem der Koth in Abzug gebracht wurde, welcher noch von den vorhergehenden Versuchstagen im Darm zurückgeblieben war. Alle andern Zahlen beziehen sich auf einen Zeitraum von 24 Stunden.

Reine Fleischnahrung.

A. Reihe mit sinkender und aufsteigender Fleischfütterung. Die in dieser Reihe verzeichneten Beobachtungstage folgen unmittelbar aufeinander. Vor Beginn derselben war die grosse Fütterungsreihe mit Brod vollendet, welche unter E (p. 697) erwähnt ist.

Corrigirtes Körpergewicht in Kilo.	Fleisch in Gr.	Wasser in Gr.	Harn in C.-C.	Harnstoff in Gr.	Stickstoffgehalt in Gr. des Fleisches.	des Harnstoffs.	des Kothes.	Mittlere Tag-Perspiration.
a. 34,377	1800	213	1751	86,850	61,20	40,532	0,96	424
34,032		5	1428	118,524		55,314		
33,889		310	1599	131,756		61,490		
33,905		137	1313	120,796		56,436		
34,052		340	1401	131,694		61,460		
34,300		18	1185	123,714		57,736		
34,410		120	1213	123,626		57,694		
b. 34,620	1500	10	990	108,50	51,00	50,63	0,80	341
34,713		10	1003	108,12		50,44		
c. 34,785	1200	0	830	89,81	40,80	41,91	0,64	328
34,773		0	809	87,37		40,77		
d. 34,760	900	0	671	69,784	30,60	32,56	0,48	334
34,600		0	615	65,805		30,71		
e. 34,51	600	0	465	49,848	20,40	23,26	0,32	313
34,28		0	450	48,850		22,47		

Corrigirtes Körpergewicht in Kilo.	Fleisch in Gr.	Wasser in Gr.	Harn in C.-C.	Harnstoff in Gr.	Stickstoffgehalt in Gr. des Fleisches	des Harnstoffs.	des Kothes.	Mittlere Tag-Perspiration.
f. 34,10	300	0	320	32,640	10,20	15,23	0,16	295
33,74		0	317	32,651		15,23		
g. 33,42	176	0	274	27,400	6,20	12,78	0,09	301
33,03		0	258	26,212		12,23		
h. 32,61		0	186	16,926		7,90		
32,15	0	0	170	17,000	0	7,93		211
31,66		0	156	15,756		7,35		
i. 31,23		375	1050	97,650		45,573		
31,94	1800	105	1424	131,008	61,20	61,140	0,55	457
31,74		150	1476	135,792		63,373		
31,72		120	1339	131,222		61,333		
k. 31,71		162	1618	155,328		72,490		
32,08	2500	268	1865	179,040	85,00	83,558	0,77	566
32,29		382	1914	183,764		85,762		
l. 32,56	2000	232	1678	161,088	68,00	75,10	0,62	579
32,50		136	1409	142,309		66,41		
32,52								

B. Versuchsreihen mit grossen Fleischmengen, nachdem vorgängig verschiedenes Futter gereicht worden war.

a. Der folgenden Fütterung ging eine Nahrung aus 1000 bis 1500 Gr. Fleisch und 250 bis 300 Gr. Fett voraus.

Corrigirtes Körper-Gew. in Kilo.	Fleisch in Gr.	Wasser in Gr.	Harn in C.-C.	Harnstoff in Gr.	Stickstoff in Grammen. im Fleisch.	im Harnstoff.	im Koth.
37,990			1305	150,057		70,030	
38,182	2200	0	1310	146,720	74,798	68,472	
38,184			1490	166,880		77,881	
38,100	2660	0	1677	181,451	90,438	84,680	
38,360	2900	0	1540	175,56	98,597	81,932	
38,790	Erbrechen	0	679	76,727	35,096	35,890	1,36
37,620		0	1272	145,008		67,674	
37,910		0	1510	163,080		76,108	
37,980	2200	0	1495	158,470	74,798	73,956	
38,000		0	1505	153,510		71,641	
38,040		0					

b. Der folgenden Reihe ging voraus eine Fütterung mit 150 Gr. Fett und mit Fleisch, welches letztere absteigend von 1500 Gr. bis auf 400 Gr. gereicht wurde.

Corrigirtes Körpergewicht in Kilo.	Fleisch in Gr.	Wasser in Gr.	Harn in C.-C.	Harnstoff in Gr.	Stickstoff in Grammen. des Fleisches.	des Haarnstoffs.	des Kothes.	Mittlere Perspiration in Gr.
38,88	2100		977	113,652	71,397	53,040		
39,55			1210	136,730		63,811		
39,80		0	1179	126,153	68,000	58,874	1,25	472
39,99	2000		1045	108,680		50,720		
40,40			1252	137,720		64,273		
40,47								

c. d. Den folgenden Reihen, von denen die erste 4 Monate früher fiel als die letzte, ging eine Kost aus Brod und Brühe voraus. In der zwischen beiden Reihen gelegenen Zeit war der Hund durch Fett und Fleisch gemästet worden.

Corrigirtes Körpergewicht in Kilo.	Fleisch in Gr.	Wasser in Gr.	Harn in C.-C.	Harnstoff in Gr.	N-Gehalt in Gr. des Fleisches.	des Harnstoffs.	des Kothes.	Mittlere Perspiration in Gr.
c. 32,80		0	1384	116,256		54,25		
32,66	2000	145	1458	128,304	68,000	59,87	0,62	664
32,55		335	1450	136,300		63,61		
32,72								
d. 38,79		132	1096	108,504		50,638		
38,72		218	1208	123,216		57,503		
38,71		275	1241	123,852		57,801		
38,71		132	1275	127,500		59,50		
38,67		218	1270	129,290	61,20	60,34	0,67	
38,60	1800	447	1290	129,258		60,32		
38,66		295	1220	126,392		58,98		
38,51		411	1344	126,336		58,96		
38,38		443	1305	127,890		59,68		
38,49		317	1276	127,600		59,50		
38,37								

Fütterung mit Fett und Fleisch.

C. In den nächstfolgenden Versuchen ist ein und dieselbe Menge von Fett mit immer steigenden Mengen von Fleisch verbunden. — Die zu einer Reihe mit gleichem Fettgehalt gehörenden Beobachtungen sind zum Theil nicht unmittelbar nacheinander angestellt.

a. Ihr voraus ging eine Fütterung mit 150 Gr. Fleisch und 100 Gr. Zucker.

Corrigirtes Körpergewicht in Kilo.	Fleisch in Gr.	Fett in Gr.	Wasser in Gr.	Harn in C.-C.	Harnstoff in Gr.	Stickstoff in Gr. des Fleisches,	des Harnstoffs.	des Kothes.
28,35			0	350	15,05		7,02	
28,13			5	243	14,67		6,84	
27,97			307	186	15,62		7,29	
28,10			500	334	17,50		8,18	
28,38			280	293	15,62		7,29	
28,36	150	250	313	393	13,99	5,10	6,53	0,65 N.
28,20			273	264	13,62		6,35	
28,19			410	312	18,10		8,45	
28,32			310	412	16,32		7,62	
28,27			220	352	15,35		7,16	
28,19								

b. Zwischen der vorhergehenden und der nun kommenden Reihe liegen drei Tage, während welcher 250 Gr. Fett, 250, 350, 450 Fleisch gefüttert wurden. — Die folgende Reihe, welche 32 Tage anhielt, ist durch 5 Zahlenreihen wiedergegeben. Die Körpergewichte sind genommen vom 1., 9., 17., 25., 33. Tage; das Wasser, der entleerte Harnstoff und also auch der N desselben in einer jeden Reihe ist das Mittel aus dem 1. bis 9.; dem 9. bis 17. u. s. f. Tage. Der N des Kothes ist das Mittel aus allen Tagen.

Versuchstage.	Corrigirtes Körper-Gew. in Kilo.	Fleisch in Gr.	Fett in Gr.	Wasser in Gr.	Harnstoff in Gr.	N-Gehalt des Fleisches.	d. Harnstoffs	des Kothes.
Am 1. Tag	28,25			Mittel für je 8 Tage				
Am 9. Tag	30,10			1—8 = 215	28,503		13,302	
Am 17. Tag	31,33	500	250	9—16 = 109	31,744	17,00	14,815	0,73
Am 25. Tag	32,40			17—24 = 114	31,541		14,720	
Am 33. Tag	33,37			25—32 = 137	31,184		14,554	

c. d. Zwischen b und c liegen 3 Tage mit 750 Gr. Fleisch und 250 Gr. Fett. Zwischen c und d 3 Tage mit 1250 Gr. Fleisch und 250 Gr. Fett.

Corrigirtes Körpergewicht in Kilo.	Fleisch in Gr.	Fett in Gr.	Wasser in Gr.	Harn in C.-C.	Harnstoff in Gr.	N-Gehalt des Fleisches	N-Gehalt des Harnstoffs.	N-Gehalt des Kothes.
c. 34,06	1000	250	122	545	62,13	34,0	28,99	1,42
34,16			90	530	58,30		27,20	
34,49			30	555	61,61		28,75	
34,61								
d. 35,67	1500	250	0	853	98,94	51,0	46,17	10,4
35,96			0	830	94,62		44,16	
36,39			47	876	99,86		46,60	
36,71			0	870	100,05		46,78	
36,97								

e. Der folgende Versuch wurde 14½ Monate später als der soeben verzeichnete unternommen; ihm unmittelbar voraus geht eine Nahrung von 1800 Gr. Fleisch.

Corrigirtes Körpergewicht in Kilo.	Fleisch in Gr.	Fett in Gr.	Wasser in Gr.	Harn in C.-C.	Harnstoff in Gr.	N-Gehalt des Fleisches	N-Gehalt des Harnstoffs.	N-Gehalt des Kothes.
38,58	1800	250	130	1119	117,94	61,20	55,04	0,75
38,87			193	1124	113,52		52,98	
39,25			160	1210	120,76		56,35	
39,44			25	1115	115,74		54,01	
39,64			473	1174	119,75		55,88	
40,01			281	1226	127,50		59,51	
40,18			495	1167	130,00		60,67	
40,30								

f. Diese Reihe liegt der Zeit nach zwischen d und e. Unmittelbar vorher ging eine Fütterung mit 2000 Fleisch und 200 bis 300 Stärke.

Corrigirtes Körpergewicht in Kilo.	Fleisch in Gr.	Fett in Gr.	Wasser in Gr.	Harn in C.-C.	Harnstoff in Gr.	N-Gehalt des Fleisches	N-Gehalt des Harnstoffs.	N-Gehalt des Kothes.
34,72	2000	250	0	1428	131,38	68	66,23	0,55
34,58			200	1432	140,34		61,32	
34,64			125	1429	136,04		63,49	
34,86								

g. h. i. k. Reihe aus Fett und Fleisch; wie in den vorhergehenden änderte sich bei gleichem Fett das Fleischgewicht. Die Zahlen sind Mittelzahlen mit Ausnahme der in den beiden ersten Columnen verzeichneten. Die Versuchsreihen, aus denen sie gebil-

det sind, liegen unmittelbar hintereinander, sie folgen auf eine sehr reichliche Fleischnahrung.

Anfangsgewicht in Kilo.	Gewichtszunahme in Gr.	Fleisch in Gr.	Fett in Gr.	Wasser in Gr.	Harnmenge in C.-C.	Harnstoff in Gr.	Stickstoff in Grammen. des Fleisches.	d. Harnstoffes.	des Kothes.	Beobachtungszeit.
38,04	+ 30	1500	150	0	1077	108,76	51,0	50,76	0,52	2 Tage
38,61	+ 31	1000	150	0	656	73,34	34,0	34,27	0,55	3 „
40,48	— 485	700	150	0	509	53,41	23,8	25,86	0,58	5 „
39,03	— 70	400	150	105	292	34,89	13,6	16,10	0,25	2 „

Die folgenden Beobachtungen sind so geordnet, dass das Fleisch constant und das Fett veränderlich gemacht wurde.

l. m. p. Der Beobachtung voraus ging die p. 674 hingestellte 3. Hungerreihe, darauf 1 Tag mit 1500 Fleisch und 100 Fett.

Corrigirtes Körpergewicht in Kilo.	Fleisch in Gr.	Fett in Gr.	Wasser in Gr.	Harn in C.-C.	Harnstoff in Gr.	Stickstoff in Grammen des Fleisches.	des Harnstoffes.	des Kothes.
37,37	500	100	193	405	33,21	17,00	15,49	0,62
37,34			178	384	33,79		15,77	
37,29			30	319	30,62		13,71	
37,22								
37,18	500	200	186	359	37,77	17,00	17,62	0,55
37,24			552	456	35,57		16,60	
37,50			121	347	32,62		15,22	
37,49								
37,55	500	300	132	319	32,857	17,00	15,30	0,50
37,72			542	558	34,373		16,00	
37,90			288	338	29,203		13,62	
37,91								

o. Die kommende Beobachtung liegt etwa 2 Monate später als die vorhergehenden und sie folgt einer Fütterung aus Fleisch und Zucker.

Körpergewicht	Fleisch	Fett	Wasser	Harn	Harnstoff	N des Fleisches	N des Harnstoffes	N des Kothes
36,300	500	250	243	363	38,473	17,00	17,90	3,98
			598	438	39,682		18,00	
			150	703	75,924		17,71	
			402				17,71	
36,180								

Die folgenden Reihen p. q. r. sind repräsentirt durch eine Reihe von Mittelzahlen; sie folgten unmittelbar auf eine Nahrung aus Fett und Leim.

Corrigirtes Körpergewicht in Gr.	Gewichtsverlust in Gr.	Fleisch in Gr.	Fett in Gr.	Wasser in Gr.	Harn in C.-C.	Harnstoff in Gr.	Stickstoff in Gr.		Beobachtungszeit.
							des Fleisches.	des Harnstoffes,	
35,60	— 1050	176	50	624	187	17,67	6,20	8,24	4 Tage
34,55	— 300	176	200	681	278	18,40	6,20	8,58	4 „
34,25	± 0	176	300	634	249	18,25	6,20	8,52	3 „

D. Nahrung aus Fleisch und Traubenzucker.

Die folgenden Reihen a. b. c. stellen in Mittelzahlen drei aufeinanderfolgende Versuchsreihen dar. Ihnen voraus ging eine Reihe mit Fett- und Fleischnahrung.

Das Körpergewicht ist vom Anfang jeder Reihe genommen. Die Gewichtszunahme ist die gesammte, während je einer ganzen Reihe eingetretene. Das Vorzeichen + bedeutet einen Zuwachs, — eine Verminderung.

Körpergew. in Kilo.	Gewichtszunahme in Gr.	Fleisch in Gr.	Traubenzucker in Gr.	Wasser in Gr.	Harn in C.-C.	Harnstoff in Gr.	Stickstoffgehalt in Gr.			Versuchsdauer.
							des Fleisches.	d. Harnstoffes.	des Kothes.	
36,39	+ 177	500	300	303	350	32,73	17,0	15,27	0,56	3 Tage
36,51	— 70	500	200	344	366	35,56	17,0	16,60	0,56	3 „
36,52	— 700	500	100	254	332	37,60	17,0	17,70	0,56	3 „

d. Der folgenden Reihe ging in Fütterung nur Fett und Fleisch vorher.

28,47	— 120	150	100 bis 350	208	196	13,42	5,1	6,23	1,35	6 Tage
34,74	+ 200	2000	200	0	1288	134,25	68,0	62,65	1,72	3 Tage

Dasselbe Resultat giebt eine Reihe mit 2000 Gr. Fleisch und 100 Gr. bis 200 Gr. Milchzucker.

E. Nahrung aus Fleisch, Fett und Stärke.

Körpergew. in Kilo.	Gewichtszunahme in Gr.	Fleisch in Gr.	Stärke in Gr.	Fett in Gr.	Wasser in Gr.	Harn in C. - C.	Harnstoff in Gr.	Stickstoff in Gr.			Versuchsdauer.
								des Fleisches.	d. Harnstoffes.	des Kothes.	
34,93	640	500	250	250	475	640	39,25	17,0	18,33	0,66	4 Tage

F. Nahrung aus Brod.

In der folgenden Tabelle, welche über eine während 41 Tage fortgesetzte Brodnahrung Auskunft giebt, sind die Mittelzahlen aus je 6 Tagen zusammengestellt.

Versuchstage.	Mittleres Körpergewicht in Kilo.	Brod in Gr.	Wasser in Gr.	Harn in C.-C.	Harnstoff in Gr.	Koth in Gr.	Stickstoff in Grammen		
							des Brodes.	des Harnstoffes.	des Kothes.
1 bis 6	34,39	500	561	364	20,79	166	6,4	9,7	1,1
7 „ 12	34,46	626	574	449	21,18	152	8,0	9,9	1,0
13 „ 18	33,96	676	696	670	23,74	178	8,7	11,0	1,2
19 „ 24	34,29	896	1001	964	27,59	226	11,5	12,9	1,5
25 „ 30	34,28	843	764	809	25,91	270	10,8	12,0	1,8
31 „ 36	34,26	966	990	882	27,21	357	12,4	12,7	2,3
37 „ 41	34,72	911	597	723	26,01	290	11,7	12,1	1,9

G. Nahrung aus feinem französischen Leim.

Corrigirtes Körpergewicht in Kilo.	Leim in Gr.	Wasser in Gr.	Harn in C.-C.	Harnstoff in Gr.	Stickstoff in Grammen.		
					des Leims.	des Harnstoffs.	des Kothes.
37,06	200	692,2	580	63,800	34,62	29,776	0,26
36,84		792,0	745	67,050		31,292	
36,68		930,0	744	66,216		30,913	
36,44							

H. Nahrung aus feinem französischen Leim.

Corrigirtes Körpergewicht in Kilo.	Leim in Gr.	Fett in Gr.	Wasser in Gr.	Harn in C.-C.	Harnstoff in Gr.	Stickstoff in Grammen		
						des Leims.	des Harnstoffs.	des Kothes.
36,25	200	200	1026	790	63,20	34,62	29,50	0,50
36,31			1302	878	55,84		26,06	
36,47			767	853	69,95		32,64	
36,15								
36,09	50	200	685	325	34,45	8,66	16,08	0,43
35,89			828	256	24,63		11,55	
35.76			382	289	26,59		12,41	
35,44								
35,44	100	200	778	318	32,75	17,31	15,29	0,52
35,11			752	356	38,52		17,98	
34,76			723	333	38,30		17,87	
34,59								

Turteltaube. Folgende Zusammenstellung giebt Boussingault:

I. Mittleres Körpergewicht 186,08 Gr. Beobachtungszeit 7 Tage.

Eingenommen.	Für 1 Kilo Taube auf 24 Stunden in Gr.						
	Wasser.	C.	H.	N.	O.	Salze.	K.-Gew.
In der Speise	12,74	35,98	4,88	2,56	32,55	2,00	0,94
Durch die Lunge . .	—	—	—	—	107,10	—	—
Ausgegeben.							
Durch Darm und Niere.	29,89	7,50	0,92	1,69	6,38	1,98	—
„ Verdunstung.	18,39	28,28	3,96	0,87	26,17	0,02	—

Der H des Verdunstungsrestes entspricht 35,64 Gr. HO; addirt man dieses zur Einnahme und zieht von der Summe das Wasser des Harnes und Kothes ab, so gewinnt man die Zahl, welche in die Reihe Verdunstung eingetragen ist. — Der ausgeathmete C ist an derselben Taube auch noch auf direktem Wege geprüft und ganz nahe übereinstimmend mit dem auf indirektem Wege erhaltenen gefunden worden.

II. Eine Turteltaube von 175,6 Gr. Körpergewicht gab durch die Verdunstung 20,32 Gr. C. auf die mittlere Tagesstunde; dieses Thier liess Boussingault 216 Stunden hungern, wobei sein Gewicht auf 112,5 Gr. sank. Als darauf wieder die gewöhnliche Portion Hirse gereicht wurde, nahm das Körpergewicht und der ausgehauchte C folgendermaassen zu. — Die Zeit ist von der ersten Stunde des Fressens an gerechnet.

Zeit in Stunden.	Körpergewicht.	Zeit in Stunden.	C in einer mittleren Tagesstunde.
nach 48	143,7	nach 24	0,168
„ 168	150,1	„ 48	0,206
„ 480	157,3	„ 84	0,249
		„ 264	0,250

Fütterung mit einer zu geringen Menge vollständiger Nahrung. Die Versuche won Chossat liessen sich, wie folgt, zusammenstellen.

Thier.	Gewicht desselben.	Tägliche Nahrung.		Gewicht der tägl. Endausgaben für die Einheit des Körpergew.	Gew. d. tägl. Futters auf die Gewichtseinheit des Thieres.	Unterschied der Einnahme und Ausgabe.
		Wasser.	Körner.			
Taube 1.	150,15	18,97 Gr.	16,57 Gr.	0,237	0,237	0,000
	139,01	9,19 „	8,29 „	0,172	0,125	0,047
	119,78	3,30 „	4,14 „	0,089	0,062	0,027
	99,19	2,40 „	2,07 „	0,095	0,045	0,050
Taube 2.	149,0	0,00 „	0,00 „	0,057	0,000	0,057
Taube 3.	136,9	23,50 „	17,03 „	0,296	0,296	0,000
	123,7	9,78 „	8,55 „	0,205	0,148	0,057
	100,9	4,53 „	4,27 „	0,125	0,087	0,038
	86,1	1,49 „	2,07 „	0,101	0,041	0,060
Taube 4.	132,0	0,00 „	0,00 „	0,057	0,000	0,057

Aus dieser Tafel geht hervor, dass die Ausgaben mit den Einnahmen abnehmen, jedoch keineswegs in der Art, dass die Abnahme beider proportional geht, da bei ungenügender Nahrung die Ausgaben das Gewicht der ersteren überwiegen. Daraus folgt, dass die Thiere auch in diesem Falle dem langsamen Hungertode entgegengehen, der sich einfindet, sowie die Abmagerung der wichtigen Organe auf einen dem früher erwähnten ähnlichen Grad gediehen ist.

Die zusammengestellten Thatsachen beantworten zunächst folgende Fragen; 1) Wie ändern sich die Gewichte und die Zusammensetzung der Masse des gefütterten Thieres beziehungsweise die Ausgaben desselben einerseits mit dem Gewicht und der Mischung des Thieres, bevor es in eine Fütterungsreihe eintrat, und anderseits mit dem Gewicht und der Mischung des Futters, das es während der Reihe erhielt. 2) Wie vertheilen sich die Ausgaben des thierischen Körpers auf die einzelnen Ausscheidungswerkzeuge mit der Aenderung der Nahrung.

Massenänderung des Thieres. Die folgende Darstellung ist in Ermangelung anderer Thatsachen vorzugsweise auf die Ernährungsverhältnisse des Hundes angewiesen, wie sie von Bischoff und Voit ermittelt sind.

1. Die Gewichtsänderung des Thieres an und für sich, also die Ab- oder Zunahme seiner Masse, abgesehen von der chemischen Zusammensetzung derselben stellt sich verschieden mit der Menge und der Zusammensetzung der Nahrung, mit dem absoluten Körpergewicht und der vorausgegangenen Fütterungsweise des Thiers.

a. Wenn man einen Hund, der nicht über 34 Kilo schwer ist, nach vorausgegangener Fleischfütterung in der Weise ernährt, dass auf 1 Kilo Thier in 24 Stunden 52 Gr. magern Fleisches gereicht werden, so tritt regelmässig eine Gewichtszunahme ein; werden weniger als 40 Gr. gegeben, so magert das Thier ab. Durch eine Nahrung zwischen 40 und 50 Gr. pr. Kilo kann sich ebensowohl das Gewicht mehren als mindern. Trat dagegen das Thier aus einer Nahrung, die aus Fleisch und Fett gemengt war, oder nur aus Brod bestand, in eine reine Fleischnahrung ein, so konnte selbst bei einer Fleischmenge von 61 Gr. pr. Kilo das Körpergewicht merklich sinken. War der Hund auf 38 Kilo gemästet, so genügten selbst bei anhaltender Fleischfütterung 46,4 Gr. Fleisch pr. Kilo nicht mehr, um das Körpergewicht zu steigern.

Zu der folgenden Tabelle ist zu bemerken, dass das Fleisch 75,9 pCt. Wasser enthielt. Die unter der ersten Columne stehenden Buchstaben verweisen auf die schon früher mitgetheilten Beobachtungen.

Versuchszahl.		Beobachtungszeit.	Anfangsgewicht der Thiere in Kilo	Mittlere Gewichtszunahme d. ganzen Thieres in Gram.	Fleisch in Gr. pro Kilo.
A.	a	1. und 2. Tag	34,78	— 244	32,35
		3. bis 7. Tag	33,89	+ 126	
	b	2 Tage	34,62	+ 82	43,32
	c	„ „	34,78	— 12	34,02
	d	„ „	34,76	— 125	25,89
	e	„ „	34,51	— 205	17,38
	f	„ „	34,10	— 290	8,60
	g	„ „	33,42	— 485	5,26
	h	3 Tage	32,61	— 493	0
	i	4 Tage	31,23	+ 120	57,64
	k	3 Tage	31,71	+ 283	78,84
	l	2 Tage	32,56	— 20	61,42
B.	c	1. und 2. Tag.	32,80	— 175	60,79
	d	10 Tage	38,79	— 59	46,40

b. Wenn dem Fleisch noch Fett zugesetzt wird, so genügt eine viel geringere absolute Futtermenge, um eine Gewichtsver-

mehrung herbeizuführen. Dieses zeigt die folgende Zusammenstellung.

Beobachtungsnummer.		Beobachtungszeit.	Anfangsgew. des Thieres in Kilo.	Mittlere tägl. Gewichtszunahme d. ganzen Thieres in Gram.	Mittlere Gewichtszunahme pro Kilo Thier in Gr.	Fleisch pr. Kilo in Gr.	Fett pro Kilo in Gr.
C.	l	3 Tage	37,37	— 43	— 1,15	13,37	2,67
	m	„ „	37.18	+ 25	+ 0,67	13,44	5,25
C.	b	1 bis 8 Tag	28,26	+ 231	+ 8,17	17,70	8,55
		9 bis 16 Tage	30.10	+ 154	—	—	—
		17 bis 24 Tage	31,33	+ 134	—	—	—
		25 bis 32 Tage	32,40	+ 121	+ 3,73	15,43	7,71
C.	n	3 Tage	37.55	+ 120	+ 3,19	13,31	7,99
C.	a	10 Tage	28,35	— 26	— 0,91	5,29	8,82
C.	c	3 Tage	34,06	+ 116	+ 3,41	29,36	7,34
C.	d	4 Tage	35,67	+ 325	+ 9,76	42,00	7,01
C.	e	7 Tage	38,58	+ 246	+ 6,38	46,65	6,48
C.	f	3 Tage	34,72	+ 46	+ 1,32	57,60	7,20

Hebt man sich aus dieser Tabelle die Zahlen heraus, wo bei gleichem Körpergewicht und gleicher Fleischgabe die Fettmenge veränderlich ist, so erhält man

Körpergewicht.	Fleisch pro Kilo.	Fett pro Kilo.	Gewichtszunahme pro Kilo.
37,37	13,37	2,67	— 1,15
37,18	13,44	5,25	+ 0,67
37,55	13,31	7,99	+ 3,19

Darnach wächst also mit dem steigenden Fettgehalt der Nahrung auch das Körpergewicht.

Hebt man aus der Tabelle die Zahlen heraus, wo bei annähernd gleichem Körpergewicht die Fettgabe dieselbe blieb, aber die Fleischfütterung veränderlich war, so erhält man

Körpergewicht.	Fett pro Kilo.	Fleisch pro Kilo.	Gewichtszunahme pro Kilo.
37,35	7,99	13,31	+ 3,19
35,67	7,01	42,00	+ 7,08
38,58	6,38	46,65	+ 6,48

Darnach wächst auch mit dem steigenden Fleischgehalt der Nahrung das Körpergewicht.

Entnimmt man ferner der vorstehenden Tabelle solche Zahlen, in denen das Fleisch und Fettfutter annähernd gleich war, das Körpergewicht aber sich verschieden stellte, so ergiebt sich

Körpergewicht.	Fleisch pro Kilo.	Fett pro Kilo.	Gewichtszunahme pro Kilo.
28,25	17,70	8,85	+ 8,17
32,40	15,43	7,71	+ 3,37
35,6	42,00	7,01	+ 9,76
38,5	46,65	6,48	+ 6,38
32,40	15,43	7,71	+ 3,37
37,18	13,44	5,25	+ 0,67

Demnach nimmt die Gewichtseinheit Körpermasse durch dasselbe Futter um so weniger zu, je mehr das Thier schon gemästet war.

c. Die vorliegenden Versuchsreihen lassen erkennen, dass bei der gleichzeitigen Fütterung mit Zucker und Fleisch; Amylon und Fleisch; Zucker, Amylon und Fleisch sich die Erfolge ähnlich verhalten. Die Erfahrung, dass sich die Thiere nur bei gemischter Kost mästen, ist auch schon längst den Landwirthen geläufig. So giebt u. A. Boussingault*) an, dass Gänse und Enten, die leicht durch eine reichliche Nahrung von Mais oder von Reis mit einem Butterzusatz zu mästen sind, nicht durch Reis allein eine wesentliche Vermehrung ihres Gesammtgewichtes erfahren. Ebenso nahmen Schweine rasch und bedeutend an Gewicht zu bei einem Futter, das Fett, Eiweiss, Kohlenhydrate und Salze in einem Verhältniss von 1 : 5,18 : 20,65 : 1,82 enthielt, während sie bei Futter, das die oben genannten Bestandtheile in derselben Reihe gezählt, im Verhältniss von 1 : 5,30 : 37,38 : 2,65 enthielt, nur langsam zunahmen und namentlich nicht damit gemästet werden konnten, selbst wenn auf gleiche Gewichtsmengen Thier von dem letzteren Futter sehr viel mehr gereicht wurde, als von dem ersteren.

d. Während einer reichlichen Nahrung aus Leim und Fett nimmt das Körpergewicht allmählich ab.

e. Bei einer Nahrung aus Brod kann ein Hund wie das vorliegende Beispiel zeigt, bestehen. Katzen starben bei dieser Fütterung eines sehr langsamen Hungertodes, wie Bischoff und Voit durch besondere Versuche darthun.

*) Annales de chimie et de physique. 3me Série. XIV. Bd. (1845). 419.

2. Ob sich auch die chemische Zusammensetzung der thierischen Massen mit der Fütterung ändere, lässt sich durch die Analyse des getödteten Thieres und durch die Vergleichung der Einnahmen und Ausgaben des lebenden entscheiden.

a. Wenn während einer Fütterungsreihe alle Elemente der Einnahmen und Ausgaben mit höchster Sorgfalt quantitativ bestimmt sein würden, so könnte man auch angeben, welche von den wesentlichen Atomcomplexen des thierischen Körpers (Eiweiss, Fett etc.) ausgeschieden und welche statt dessen angesetzt wären. Beobachtungen, die dieser Anforderung entsprechen, sind sehr schwer herzustellen; und unter allen bekannten nähert sich einzig eine von C. Schmidt angestellte dem genannten Ziele an. (Siehe Katze II. und III.). — Wenn, wie es in der grossen Fütterungsreihe von Bischoff und Voit geschehen ist, nur die Aenderung des Gesammtgewichtes und von den elementaren organischen Ausgaben nur die des N bestimmt würde, so reichen diese Data auch nur hin, um einzusehen, wie sich mit der Aenderung der Gesammtmasse der Stickstoffzuwachs gestaltet habe. Eine Vergleichung dieser beiden veränderlichen führt, auch wenn sie von allen hypothetischen Zusätzen befreit wird, zu bemerkenswerthen Ableitungen.

A. Reine Fleischnahrung.

I. Fälle, in welchen das Thier gleichzeitig an Gesammtgewicht und an N verlor.

Tägliche Fleischmenge.	Beobachtungszeit und Tage.	Verlust an Gesammtgewicht.	Gesammtverlust an Stickstoff.	Verlust d. Körpergewichts dividirt durch den Stickstoffverlust.
1200 Gr.	je 2 Tage	24 Gr.	2,3	10,4
900 „		253 „	3,0	84,3
600 „		412 „	5,5	74,9
300 „		617 „	10,4	64,5
176 „		810 „	13,0	62,3

II. Verlust an Gesammtgewicht und Gewinn an Stickstoff.

Tägliches Fleisch.	Beobachtungszeit.	Verlust an Gesammtgewicht.	Gewinn an N.
1800 Gr.	3 Tage.	70 Gr.	29,4
1800 „	7 „	136 „	6,4
2000 „	2 „	89 „	24,4

III. Gewinn an Gesammtgewicht und an Stickstoff.

Tägl. Fleischnahrung.	Beobachtungszeit.	Gewinn an Gesammtgewicht.	Gewinn an Stickstoff.	Gewinn an Gesammtgewicht divid. d. den Gewinn an Stickstoff.
1800	7 Tage.	241 Gr.	26,0 Gr.	9,3
1800	4 „	479 „	11,3 „	42,4
2100 u. 2000	5 „	1592 „	46,4 „	34,3
2500	3 „	853 „	10,6 „	80,5

Diese Zusammenstellung lässt erkennen, dass der Hund bei einer reinen Fleischnahrung reicher an einem stickstoffhaltigen Atom werden müsse.

Dieses ergiebt sich ohne weiteres für die Fälle, in welchen das Gesammtgewicht abgenommen hat und trotzdem in der Nahrung mehr Stickstoff eingenommen wurde als durch den Harn abgeschieden war. Dass aber auch bei der gleichzeitigen Abnahme des Gesammtgewichts und des Stickstoffs der Hund stickstoffreicher geworden sei, folgt daraus, dass der Quotient aus dem Gesammtverlust durch den Stickstoffverlust grösser ist, als der Quotient aus dem N-Gehalt des Fleisches (der einzigen Nahrung) in das genossene Fleisch; der letztere beträgt nämlich nur 29,4, während der vorhergenannte Quotient im Mittel 59,2 ist. Dass endlich aber dasselbe Gesetz auch für den Fall gilt, in welchem der Stickstoff und das Gesammtgewicht zugenommen haben, folgt aus der Vergleichung der Fleischnahrung mit einer aus Fleisch und Fett oder auch nur aus Brod.

B. Fleisch- und Fettnahrung.

I. Verlust an Gesammtgewicht und an Stickstoff.

Tägliche Nahrung an Fleisch.	Tägliche Nahrung an Fett.	Beobachtungszeit.	Verlust an Gesammtgew.	Verlust an N.	Verlust an Gesammtgewicht divid. durch den Verlust an N.
150 Gr.	250 Gr.	10 Tage.	161 Gr.	28,2 Gr.	5,7
700 „	150 „	5 „	485 „	13,2 „	61,2

II. Gewinn an Gesammtgewicht und an Stickstoff.

Fleisch.	Fett.	Beobachtungszeit.	Gewinn an Gesammtgewicht.	Gewinn an N.	Gewinn an Gewicht divid. d. d. Gewinn an N.
500	250	31 Tage	4543 Gr.	61	74,4
1000	250	3 „	654 „	13	50,3
1500	250	4 „	1175 „	16	73,4
1800	250	7 „	1715 „	28	61,2
2000	250	3 „	143 „	12	11,8

Vergleicht man den mittleren Quotienten aus dem Gewinn an Körpermasse und den des Stickstoffs bei reiner Fleischnahrung und bei Fleisch- und Fettnahrung, so findet man ihn im ersten Fall = 41,6 und letzteren 54,2. Es war also im ersten Fall in der aufgespeicherten Körpermasse mehr N enthalten als in letztern. Noch auffallender ist das Missverhältniss, wenn man die Brod- und Fleischnahrung vergleicht. Als der Hund 41 Tage hindurch mit Brod gefüttert war und dabei um 531 Gr. leichter geworden war, hatte er 126,4 Gr. N mehr ausgegeben als eingenommen. Hier betrug also der beregte Quotient gar nur 4,1.

Sieht man die Zahlen, aus denen die vorstehenden Mittel gezogen sind, im Einzelnen durch, so macht man die Bemerkung, dass vorzugsweise beim Uebergang aus einer Fütterung in die Andere eine Accommodation des Stickstoffgehaltes des Körpers an den der Nahrung stattfindet. Dieser Umstand deutet darauf hin, dass ein Theil jenes Stickstoffs, der in den Ausscheidungen fehlte, oder in ihm zuviel vorhanden war, aus dem Harnstoff der thierischen Säfte stammte oder in diesen verwandelt wurde; denn nach der Analogie einer an Kochsalz und ähnlichen Stoffen ärmeren oder reicheren Kost in ihrem Einfluss auf die Anhäufung und Abscheidung des Chlors im thierischen Körper (p. 397) könnte man auch hier vermuthen, dass wenn sich in Folge eines Kostwechsels die Menge des bisher gebildeten Harnstoffes ändert, nicht allein die Quantität des ausgeschiedenen, sondern auch des in den Säften verweilenden Harnstoffs variirt.

Wenn aber beim andauernden Genuss derselben Nahrung auch die Einnahme und Ausgabe des N dauernd sich nicht entsprechen, so dürfte es jedenfalls zu einer Aenderung der eiweisshaltigen Gewebe und Säfte kommen, wie dieses sogleich erörtert werden soll. Es würde wünschenswerth sein, zu wissen, auf welches Minimum und Maximum der Gehalt des thierischen Körpers an Eiweissstoffen gebracht werden kann, ohne dass die Leber beeinträchtigt wird.

b. Die Aenderung, welche die chemische Zusammensetzung eines Thiers durch eine bestimmte Fütterungsweise erfahren hat, kann durch die chemische Analyse aufgehellt werden, entweder wenn man von zwei möglichst gleichartigen Thieren das eine vor Beginn und das andere nach Schluss der Fütterung tödtete und zerlegte, oder dadurch, dass mehrere möglichst gleichartige Thiere auf verschiedene Weise gefüttert wurden und nach ihrem Tod das Verhältniss der wesentlichen chemischen Bestandtheile des Thieres

hingestellt wird. Es bedarf kaum der Andeutung, dass diese Verfahrungsweisen keinen Anspruch auf besondere Genauigkeit machen.

Muskeln und Hirn der Katzen, welche bei Brodnahrung verhungerten, enthalten in 100 Theilen mehr Wasser als die genannten Organe der mit Fleisch ernährten Thiere. Der Unterschied beträgt zwischen 3 bis 5 pCt. (Bischoff, Voit).

Gemästete Schweine enthalten nach Boussingault weniger (fettfreie) Knochen als ungemästete; Fett und Muskeln stehen dagegen in magern und gemästeten Schweinen annähernd in demselben Verhältniss zu einander.

	Haut mit Borsten.	Fettfreie Knochen.	Alles Fett.	Muskel.	Quotient aus dem Fleisch und Fett.
Mit Kartoffeln gefütt. = 65 Kilo mittl. Gewicht	9,5	6,5	22,5	37,2	0,60
Mit Kartoffeln, Milch und Spülwasser = 75 Kilo mittleres Gewicht	8,27	6,91	25,57	39,69	0,64
Mit Mastfutter = 111 K. mittleres Gewicht	9,35	6,23	27,30	41,46	0,65

Es wäre wünschenswerth zu wissen, wie sich mit der Raçe, der Aenderung des Mastfutters u. s. w. die Zusammensetzung gestaltete.

Boussingault zerlegte auch gemästete Enten und Gänse; seine Resultate sind in den folgenden Zahlen enthalten. Das + vor der Zahl bedeutet einen proportionalen Gewinn, das — einen eben solchen Verlust, d. h. den Quotienten aus der Gewichtszu- oder Abnahme der einzelnen Organbestandtheile in das ursprüngliche vor der Mästung vorhandene Gewicht.

I. Gänse mit Mais gemästet. Mittel aus 6 Versuchen.

Fett.	Fettfreie Knochen.	Fettfreie Haut, Muskeln, Bindegewebe.	Schlund.	Hirn.
+ 4715	— 0,094	+ 0,274	— 0,300	0,0

2. Ente mit Reis gestopft.

Fett.	Fettfreie Knochen.	Fettfreie Haut, Muskeln, Bindegewebe.	Schlund.	Hirn.
+ 0,183	0,0	+ 0,269	— 0,298	0,0

2. Ente mit Reis und Butter.

Fett.	Fettfreie Knochen.	Fettfreie Haut, Muskeln, Bindegewebe.	Schlund.	Hirn.
1,096	— 0,133	+ 0,195	— 0,456	0,0

Wie beim Verhungern das Hirngewicht nicht heruntergeht, so steigt es beim Mästen nicht; der Schlund und die Knochen magern wie bei den Schweinen während des Mästens ab. Die zu der Haut, den Muskeln und deren Hilfswerkzeugen gehörenden Eiweiss- und Leimstoffe haben bei Mästung der Vögel zugenommen, doch in einem ganz anderen Verhältnisse, als das Fett, sodass 100 Th. gemästeter Vögel eine ganz andere Zusammensetzung darbieten, als 100 Th. ungemästeter.

Ausser den bisher betrachteten Bedingungen (Körpergewicht und Füiterung) wirken nun bekanntermaassen noch viele andere auf die Mehrung oder Minderung des Körperumfangs ein, dahin gehört die ursprünglichen Anlagen des Thiers, wie sie durch die Namen: Classe, Ordnung, Geschlecht, Art und Spielart ausgedrückt werden, ferner der körperliche und geistige Erregungszustand, das Alter und vieles mehr; über einige Punkte geben die Erfahrungen der fleischzüchtenden Landwirthe Aufschluss.

Die täglichen Ausgaben bei genügender Nahrung. Bei einer Beurtheilung der täglichen Verluste eines Thieres muss man im Auge behalten, ob sich dasselbe mit der Nahrung, die es verzehrt, schon in das Gleichgewicht gesetzt hat, oder ob es dieses noch nicht gethan. Nehmen wir an, dass das Thier unter dem Einfluss einer bestimmten Nahrung sein mittleres tägliches Gewicht behauptet, und weiter, dass es am Ende eines jeden Tages auch auf dieselbe chemische Zusammensetzung zurückkehre, dann werden natürlich die Ausgaben den Einnahmen quantitativ und qualitativ genau entsprechen müssen. Diesen Satz konnte man auch so aussprechen, dass einer jeden nach Art und Maass festgestellten Beleibtheit des Thieres auch eine nach Art und Maass bestimmte Ausscheidung entspreche. Denn eine jede Fütterungsweise führt genügend lange fortgesetzt zu einer nach Gewicht und Zusammensetzung genau bestimmten Körpermasse, also kann das Thier auch erst nach Erreichung der letztern den ganzen Werth seiner Einnahme wieder ausgeben.

Vergleicht man von diesem Gesichtspunkte aus Futter, Körpergewicht und Ausscheidungen, so ergeben die vorliegenden Beobachtungen, dass der Hund bei einer Nahrung mit magerm Fleisch im Stande ist, trotz eines niedern Körpergewichts viel umzusetzen und auszuscheiden, während der mit fettem Fleisch oder neben dem Fleisch noch mit Kohlenhydraten ernährte Hund auf ein höheres

Gewicht kommen muss, bevor er jene ausscheidende Fähigkeit erlangt.

Das Genauere der Beziehung zwischen dem Gewicht der Körpermsse und der Grösse der Ausscheidung bleibt jedoch selbst bei demselben Thier wegen Mangels an ausgedehnten Versuchsreihen unbekannt; nur so viel scheint aus den vorliegenden Beobachtungen hervorzugehen, dass die Ausgaben nicht in geradem Verhältniss mit dem Körpergewicht wachsen. Denn es scheidet die Gewichtseinheit des beleibteren Thieres viel mehr aus als die des magern.

Ausser der Fütterungsweise und dem Mästungsgrad übt die Art und Individualität des Thieres einen wesentlichen Einfluss auf die Lebhaftigkeit der Ausscheidungen. So bedarf die Gewichtseinheit Taube, um sich auf constantem Körpergewichte zu erhalten, mehr Futter als die Gewichtseinheit Hund, Katze, Mensch. Wie sich die Verhältnisse bei den drei letzteren Warmblütern verhalten, geht aus den vorliegenden Thatsachen nicht mit Sicherheit hervor, da die Fütterungsart sehr abweichend war. Die Vergleichung der Erfolge annähernd gleicher Fütterung bei den Katzen I. und III. ergiebt, dass sich die von geringem Körpergewicht trotz etwas reichlicherer Nahrung doch weniger mästet, als die schwere. Diese Beobachtung erhält um so mehr Werth, als sie in Uebereinstimmung ist mit den von Erlach bei Respirationsversuchen gewonnenen Erfahrungen (p. 557).

Wir wollen nun den andern Fall betrachten, in welchen sich das Gewicht und die Zusammensetzung des Thiers vermöge des gereichten Futters nicht unverändert erhalten kann. Wenn dieses geschieht, so wird die Ausgabe nicht mehr allein durch das gegenwärtig gereichte Futter, sondern auch durch den Zustand bestimmt, den der thierische Körper unter dem Einflusse der früheren Fütterung erlangte. Dieses zeigt sich, wie schon wiederholt hervorgehoben wurde, dadurch, dass das Gewicht der Ausgaben bald grösser und bald kleiner ist, als das der Einnahmen; das erstere ereignet sich bekanntlich, wenn beim Eintritt in die neue Nahrung die gesammte Masse oder eine Atomgruppe des Thieres reichlicher vorhanden ist, als sie es unter dem Einfluss der genannten Fütterung hätte werden können, das letztre im umgekehrten Fall. Die allgemeine Richtung, nach welcher also der Massenzustand des Thieres auf die Ausscheidungen wirkt, wird sich immer angeben lassen, wenn man weiss, in welchem Sinn der Zustand des thierischen Körpers von demjenigen abweicht, welchen das jeweilige Futter zu

erzeugen strebt. Die vorliegenden Erfahrungen zeigen auch, dass der Zuwachs oder der Abgang, den die Ausgaben vermöge des Körperzustandes erleiden, um so grösser ist, je weiter nach Maass und Zusammensetzung der gegenwärtige Zustand des Körpers von dem abweicht, welchen das gereichte Futter zu erzeugen strebt, aber darüber hinaus offenbaren die gegenwärtigen Erfahrungen nichts. Um weiter zu kommen, wäre es nothwendig, die Regeln für die Geschwindigkeit zu kennen, mit welcher sich bei der Aenderung des Futters der thierische Leib dem Zustand anpasst, welchen das neue Futter verlangt. Mit Rücksicht auf diesen Punkt geht aus den Tabellen, die die Ernährung des dritten Hundes verzeichnen, hervor, dass in den ersten oder in den paar ersten Tagen nach einem Futterwechsel der Einfluss des durch die frühere Fütterung hervorgerufenen Zustandes sich am meisten geltend macht. — Aus allem Diesen folgt endlich, dass die Ausgaben an keinem Tage den Einnahmen gleich sein können, wenn die Art und Menge der Nahrung sich fort und fort ändert, wie es in der That beim Menschen der Fall zu sein pflegt.

Der Antheil des Körperzustandes an den Ausscheidungen ist der obigen Definition entsprechend gleich dem Unterschied der Einnahmen und Ausgaben; stellt man sich diese Unterschiede aus den verschiedenen Fütterungsreihen des 3. Hundes mit abnehmendem und aufsteigendem Gewicht zusammen, so erkennt man alsbald, dass nur dann, wenn alle Nahrung entzogen wird oder die Nahrung mindestens sehr spärlich gereicht wird, der Einfluss der Fütterung zurücksteht hinter dem des Körperzustandes. In allen übrigen Fällen wird die Ausgabe nach Quantität und Qualität überwiegend durch die Nahrung bestimmt.

Eine Theorie der Thatsachen, die aus der Vergleichung der Einnahmen und Ausgaben des thierischen Körpers hervorgegangen sind, lässt sich mit Hülfe eben dieser Versuche nicht geben. Denn es liegt in der Natur derselben, dass sie über den Mechanismus des Stoffwechsels nichts aussagen können, weil sie die genossenen Atome nicht in den Körper hinein verfolgen und nicht nachsehen, wie und wo sie angehäuft, zerschlagen und ausgestossen werden. Erklärt können jene Thatsachen erst werden, wenn man die in jedem einzelnen abgesonderten Stück unsers Organismus wirksamen Kräfte kennt und zu beobachten im Stande ist, wie sich dieselben unter dem Einfluss einer verschiedenen Nahrung ändern.

Vertheilung der Ausgaben auf die verschiedenen Aussonderungswerkzeuge. I. Zuerst würde hier überhaupt anzugeben sein, warum sich die Umsetzung und Ausscheidung in ähnlicher Weise zu einander verhalten, wie Einnahme und Umsetzung. Dieses gegenseitige Anpassen bedarf einer besonderen Erläuterung, da die Organe, welche vorzugsweise die Umsetzung der Thierstoffe bedingen, von durchaus anderen Bedingungen regiert werden, als Haut, Lunge, Nieren und Darmkanal. — Der Mechanismus, welcher diesen Zusammenhang vermittelt, ist für Lungen, Haut und Darm genügend klar. Eine vermehrte Umsetzung, welche zu einer reichlichen Bildung von CO_2 führt, erhöht die Temperatur und die Nervenerregbarkeit; eine Anhäufung von CO_2 erregt aber die brustbewegenden Nervenmassen; damit beschleunigt sich die Athmung und die Aushauchung der CO_2, und nicht minder vermehrt die erhöhte Wärme die Bildung des Wasserdunstes. Aus dem Mastdarme müssen desgleichen ceteris paribus mit den Speisen auch die Ausscheidungen wachsen. — Nicht so klar ist dagegen die Beziehung zwischen der absondernden Thätigkeit der Niere und der Anhäufung von Salzen, Harnstoff, Wasser u. s. w. im Blute, da, wie wir früher sahen, diese Stoffe zuweilen im Blute reichlich vorhanden sein können, ohne dass sich ihre Ausscheidung mehrt.

2. Wenn man übersehen will, welchen Antheil des Gesammtverlustes jedes einzelne Ausscheidungswerkzeug ausführt, so wird es am gerathensten sein, sich die Aufgabe dahin zn stellen, dass man die Antheile des Gesammtverlustes an Wasser, C, N, H, O und Salzen angiebt, die durch Lunge und Haut, Niere und Darmkanal ausgeschieden werden.

a. Wasser. Der Verlust, welchen der thierische Körper in der Form von Wasser erleidet, überwiegt den durch alle übrigen Excrete zusammengenommen. Seine Vertheilung auf Haut und Lunge, Niere und Darm kann sich sehr mannichfaltig gestalten. Annähernd am constantesten ist, wie schon früher gesagt wurde, die Wasserausgabe der Lunge und gewöhnlich am niedrigsten die durch den Darmkanal, sodass sie nur in den seltensten Fällen überhaupt von erheblicher Bedeutung wird. Ungemein variabel ist dagegen die Wasserausscheidung durch Niere und Haut, in der Art, dass diese beiden Organe vorzugsweise als die Regulatoren des thierischen Wassergehaltes angesehen werden können. In der That, nimmt der Wassergehalt des thierischen Körpers bedeutend

zu, so geben Schweissdrüsen und Nieren gleichzeitig reichlich Wasser aus (Wasserkuren), während, wenn der Körper relativ trocken wird, beide Organe in ihrer Thätigkeit zurücktreten; mehrt sich bei mittlerem Wassergehalte des Organismus der Wasserverlust durch die Haut, weil die Atmosphäre trocken und die Haut warm ist, so vermindern die Nieren ihre abscheidenden Leistungen, und umgekehrt, wird die Verdünstung auf der Haut beeinträchtigt, so steigt der Verlust aus den Nieren. Nimmt endlich der Wasserverlust aus den Nieren zu, weil grössere Mengen wasserverbindender Atome (Salze und Harnstoff) durch diese fortgehen, so stellen die Schweissdrüsen ihre Absonderung ein und die Capillaren der Cutis verlieren an Ausdehnung.

Beispielshalber stellen wir den Wasserverlust zusammen, den nach Barral 1 K. Mann in 24 Stunden erleidet (Mensch I. und II.). Hierbei ist das aus der Lunge entleerte Wasserquantum folgendermaassen berechnet worden. Man nahm an, es sei in der Ausathmungsluft 4 pCt. CO_2 vorhanden gewesen, hierdurch gewinnt man das Volum der ersteren unter Berücksichtigung des Umstandes, dass sie auf 37° C. erwärmt gewesen sei; dann nimmt man ferner an, dass die ausgeathmete Luft vollkommen mit Wasser gesättigt gewesen sei, die Einathmungsluft aber, deren Temperatur auf 16° C. gesetzt wurde, nur 60 pCt. des bei dieser Temperatur fassbaren Wasserdunstes erhalten habe.

	Durch Lunge	Haut	Niere	Darm.
I.	20,01	7,07	22,25	2,23
II.	12,53	11,84	20,59	1,15

Wir erinnern daran, dass die Beobachtung I. in den Winter, II. in den Sommer fällt. Es braucht kaum noch einmal hervorgehoben zu werden, dass diese Berechnung auf einem zum Theil sehr angreifbaren Boden ruht; es ist ihr nur darum ein Platz gestattet worden, weil sie im Allgemeinen, den theoretischen Forderungen sich fügend, ein Bild von der Vertheilung des Wasserverlustes im Winter und Sommer giebt.

b. Das Gewicht des täglich durch den Körper wandernden Kohlenstoffes ist immerhin noch bedeutend, wenn auch viel geringer als die der entsprechenden Wassermengen. Der von einem und demselben Menschen täglich verzehrte Kohlenstoff ist aber zugleich auch viel weniger veränderlich, als das Wasser. Nach Playfair*) wechselt je nach der Muskelanstrengung und dem Alter der erwachsenen Individuen die täglich eingenommene Kohlenstoffmenge zwischen 220,3 Gr. (alte unthätige Arme) bis zu 387,3 Gr. (Gefangene in Bombay mit schwerer Arbeit). Der Unterschied der Klimate macht sich nach Playfair's Zusammenstellungen weniger geltend, als man gemeinhin behauptet, da der ostindische und der

*) Pharmazeutisches Centralblatt. 1854. p. 417.

englische Tagelöhner oder Soldat unter gleichen Bedingungen sehr annähernd gleich viel C einnehmen. Auffallend, und in einer solchen Weise, dass man zweifelsüchtig werden könnte, sind die Angaben von Esquimaux, Jakuten, Buschmännern und Hottentotten. Ein Erwachsener der ersteren von diesen wilden Völkerschaften soll täglich 4996,6 Gr. C. (etwa 10 Pfd.) und von der letzteren 2682,6 Gr. C. (etwa 5,25 Pfd.) täglich verzehren. — Von dem täglich in den Körper eingekehrten Kohlenstoffe tritt bei weitem der grösste Theil durch die Lungen aus, durch die Nieren geht nach den übereinstimmenden Beobachtungen von Barral (am Menschen) und Schmidt (an Katzen) etwa der 10. Theil des aus den Lungen hervortretenden fort. In einem ähnlichen Verhältnisse steht die Kohlenstoffausscheidung des Darmkanales zu derjenigen der Lunge.

e. Die Gewichtsmengen nicht schon oxydirten Wasserstoffes, welche täglich genossen werden, sind immer sehr gering. So weit die vorliegenden Untersuchungen reichen, wird er zum grössten Theil in Wasser umgewandelt, und es lässt sich dann nicht mehr entscheiden, auf welchem Wege er den Organismus verlässt. Der im Stoffwechsel nicht oxydirte Wasserstoff geht allein durch den Darm und die Nieren davon, vorausgesetzt, dass man die Spuren dieses Elementes vernachlässigt, welche in den flüchtigen Säuren und Basen durch die Verdunstung austreten.

d. Mit der Nahrung geniessen wir unter allen Umständen nur wenig Stickstoff, aber relativ ist die Menge desselben sehr wechselnd. Innerhalb des Körpers werden die stickstoffhaltigen Produkte entweder so zerlegt, dass der N gänzlich frei wird, oder so, dass er noch in Verbindung mit einigen oder allen organischen bleibt. Der freie Stickstoff wird durch Lunge und Haut, der noch verbundene zum grössten Theil durch den Harn und zum kleinsten durch den Darm entleert. In welchem Verhältnisse freier und gebundener N zu einander stehen, ist noch zu ermitteln, und insbesondere scheint es gewagt, die an einer Thierart gewonnenen Resultate auf den Menschen zu übertragen. Während es den Anschein hat, dass bei den Katzen nur ein sehr kleiner Theil gasförmig entweicht, geht bei Tauben unzweifelhaft ein Drittheil der gesammten im Organismus kreisenden Menge aus Haut und Lunge aus, und zwar unter Umständen, unter welchen nach Regnault Säugethiere gar keinen gasförmigen Stickstoff aushauchen würden. Bestätigen sich die Beobachtungen von Barral, so kann bei Menschen die Hälfte des Stickstoffs der Nahrung durch die Lungen

ausgeschieden werden. Wir verweisen rücksichtlich dieses Punktes noch auf die Harnstoffentleerung (p. 380).

e. Sauerstoff. Die Menge von Sauerstoff, die wir consumiren, übertrifft diejenigen aller anderen Elemente. Der Antheil desselben, welcher durch die Lungen und Haut eingeht, ist, je nachdem die Nahrung aus Brod oder Fleisch besteht, mehr oder weniger überwiegend über den in den trockenen Speisen selbst enthaltenen; in den vorliegenden Beobachtungen mit genügender Nahruug wechselt das Verhältniss des Sauerstoffs in den Speisen zu dem in der Einathmungsluft, der erstere gleich 1 gesetzt, zwischen 0,33 bis 0,11. Noch mehr wird aber durch die Lungen wieder ausgegeben; in der That ist der Antheil des bezeichneten Sauerstoffs, welcher mit der CO_2 und dem HO ausgeathmet wird, so gross, dass dagegen geradezu derjenige als verschwindend betrachtet werden kann, welcher durch den Harnstoff, die Gallenreste, den Harnextraktivstoff u. s. w. entleert wird.

f. Die mineralischen Bestandtheile der Nahrung, deren Menge immer sehr zurücktritt, suchen den Ausweg aus dem Körper durch Schweiss, Harn, Koth; der erstere giebt vorzugsweise NaCl aus, der zweite sämmtliche Schwefelsäure, Phosphorsäure, Kalkerde, Eisenoxyd und den grössten Theil des Kalis, Natrons und Chlors, welche aus den Speisen in das Blut übergetreten waren. Durch den Koth gehen dagegen die unverdaut gebliebenen Salze, meist schwefelsaure, kieselsaure, phosphorsaure Kalien und Erden ab.

Anhangsweise folgen noch einige Zahlen über die eigenthümliche typische Massenzunahme, welche man als Wachsthum bezeichnet. Das folgende, welches auf Vollständigkeit keinen Anspruch macht, findet wesentlich seine Ergänzung in den Mittheilungen, die bei der Ernährung der Gewebe gegeben wurden.

Unter Wachsthum*) versteht man bekanntlich die Zunahme des thierischen Körpers, welche dieser von der Geburt an bis zu der vollkommen erreichten Pubertät erfährt. Die Lebenszeit, welche auf diesen Prozess verwendet wird, ist für verschiedene Menschen zwar nicht die gleiche, aber es scheint doch die Regel zu sein, dass mit dem zwanzigsten Jahre die volle Länge des Körpers erreicht ist; nur in seltenen Fällen ist es constatirt, dass sich das Wachsthum auch noch um ein bis zwei Jahre jenseits dieses Ter-

*) Quetelet, Ueber den Menschen. Deutsche Ausgabe. 1838. 327. — Huschke, Anatomie der Eingeweide. Leipzig 1844. — Valentin, Lehrbuch der Physiologie. II. Bd. 3. Abth. 164.

mins erstreckt (Mallet), und zweifelhaft ist es, ob die Behauptung Quetelets richtig, dass es bis auf das 25. Jahr und über dasselbe hinaus sich verlängere. Den allgemeinen Gang, der aus diesem Prozesse resultirenden Längen- und Gewichtsvermehrung giebt die folgende Tafel, welche nach den Beobachtungen von Quetelet entworfen ist. Die zweite Colonne giebt an die Längenzunahme, die das Individuum in dem in der ersten Colonne angezeichneten Jahre gewinnt; die dritte Colonne aber giebt die auf das Kilogramm reduzirte Vermehrung des Gewichtes in dem gleichen Zeitraume. Die zweite und dritte Spalte sind je in zwei Unterabtheilungen gebracht, von denen die eine sich auf das männliche, die andere auf das weibliche Geschlecht bezieht. Die mittlere Länge des männlichen Neugeborenen wurde = 0,5 M., des weiblichen = 0,49 M. und die Gewichte zu 3,2, resp. zu 2,9 gefunden.

Jahr.	Längenzunahme in MM.		Gewichtszunahme d. Gewichtseinheit des Körpers in Gr.	
	Männlich.	Weiblich.	Männlich.	Weiblich.
1	198	290	1,960	2,020
2	88		0,200	0,214
3	71	73	0,099	0,105
4	63	60	0,141	0,103
5	56	65	0,108	0,105
6	59	57	0,093	0,115
7	115	56	0,108	0,096
8		53	0,087	0,087
9	61	51	0,091	0,119
10	79	51	0,082	0,101
11	54	30	0,105	0,090
12	50	54	0,100	0,162
13	58	87	0,153	0,104
14	60	58	0,127	0,114
15	51	21	0,125	0,100
16	40	22	0,138	0,079
17	25	35	0,064	0,083
18		11	0,095	0,078
19	10	6	0,083	0,024
20		4		
25		5	0,048	0,019

Die Grundzahlen für die obige Tabelle wurden nicht dadurch erhalten, dass dieselben Individuen zu verschiedenen Lebensaltern, sondern dadurch, dass verschiedene in verschiedenen Lebensaltern stehende Menschen gewogen und gemessen wurden. Obwohl die Zahl der Individuen, aus welchen das Mittel abgeleitet wurde, nicht unbeträchtlich ist, so ist doch noch immer gerechte Besorgniss zu hegen, dass diese Mittelzahlen im günstigsten Falle die Wachsthumserscheinungen eines einzigen Landes oder Landstriches darstellen.

Demnach ist der absolute Werth der Längenzunahme beim männlichen Geschlechte in den ersten Jahren am grössten, nimmt von da an ab bis zum vierten und bleibt dann annähernd constant bis zum 16., von wo eine rasche Abnahme erfolgt; beim Weibe erfolgt die Längenzunahme bis zum 14. Jahre analog der des Mannes, wenn ihr absoluter Werth auch um ein kleines geringer ist; vom 14. Jahre an sinkt aber das Wachsthum rasch ab. — Die proportionale Gewichtszunahme ist in den ersten Jahren des Lebens sehr bedeutend, dann nimmt sie ab, steigt beim Manne und beim Weibe um die Pubertätsentwickelung wieder an und dauert, wenn auch in sinkendem Maasse, noch fort, wenn das Wachsthum beendet ist, sodass Männer meist im 40. und Frauen erst im 50. Lebensjahre das Maximum ihres Gewichtes erreichen. Daraus lässt sich erkennen, dass die Ausdehnungen des menschlichen Körpers nach Länge und Breite wesentlich von einander unabhängig sind.

Quetelet, Villermé und Cowell haben die für das Längenwachsthum der einzelnen Individuen gewonnenen Zahlen auch noch zu anderen Zusammenstellungen benutzt, aus denen sich zu ergeben scheint, dass die Individuen der ärmeren Klasse bei gleichem Alter kleiner als die der wohlhabenden sind. Dieses gilt nicht allein für Bewohner eines Landstriches (Brüssel und seine Umgegend), sondern auch für die verschiedenen Viertel einer Stadt (Paris); Stadt- und Landleben oder auch verschiedene Beschäftigungsarten scheinen dagegen keinen Einfluss zu üben. Die Zeit, welche auf die Vollendung des Wachsthums verwendet wird, ist in südlichen Gegenden (in Städten und Niederungen?) am geringsten. Mehr als alles dieses mag die Menschenrace resp. die ursprüngliche Anlage des Menschen auf die räumlichen und zeitweisen Verhältnisse des Wachsthumes von Einfluss sein.

An der Umfangszunahme, welche der menschliche Körper während des Wachsthums erfährt, betheiligen sich nicht alle Theile gleichmässig. Vorzugsweise scheint sie dem Skelett, den Muskeln und der Haut zu Gute zu kommen, sodass mit dem steigenden Alter einzelne Organe trotz absoluter Vergrösserung relativ zum Gesammtgewichte des Körpers doch abnehmen. Wir entlehnen, um diese zu veranschaulichen, den Wägungen von Huschke und Reid folgende Zahlen; die Zahlen unter den betreffenden Organen drücken das Gewicht derselben aus, vorausgesetzt, dass das des Gesammtkörpers = 1 angenommen wird.

Alter.	Gehirn.	Herz.	Leber.	Schild-drüse.	Thymus.	Niere.	Neben-niere.	Hoden.	Eierstock.
0	—	—	—	0,0025	0,0045	0,0110	0,0017	0,0003	0,00004
8 Tage.	—	—	0,075	—	0,0029	—	—	—	—
28 „	—	—	0,042	0,0009	0,0015	—	—	—	—
1—5 Jahr.	0,118	0,006	0,047	—	—	—	—	—	—
5 „	0,100	0,008	0,048	—	—	—	—	—	—
7 „	0,095	0,006	0,042	—	—	—	—	—	—
13—15 „	0,064	0,006	0,034	—	—	—	—	—	—
20—30 „	0,028	0,006	0,027	0,0006	—	0,0044	0,0001	0,0002	0,00016

Noch deutlicher tritt diese ungleichmässige Zunahme hervor, wenn man die Gewichte der einzelnen Organe mit einander vergleicht, aus denen sich u. A. ergiebt, dass bei Neugeborenen der Dünndarm im Verhältniss zum Dickdarm gewichtiger ist, als bei Erwachsenen; dasselbe gilt für das Pankreas verglichen mit der Milz, dem rechten und linken Leberlappen. Bekannt ist auch, dass die Geschlechtswerkzeuge, die Brüste und der Kehlkopf ihr lebhaftestes Wachsthum erst beginnen, wenn das Skelett seiner vollkommenen Ausbildung nahe ist.

Siebenter Abschnitt.

Thierische Wärme.

Die blutführenden Organe des lebenden Menschen bewahren annähernd denselben Wärmegrad, wenn auch die Temperatur der Umgebung nicht unbedeutend auf- und absteigt; diese Thatsache setzt voraus, dass der Organismus über erwärmende und abkühlende Mittel gebietet, die sich bis zu einem gewissen Grade in der Stärke ihrer Aeusserung und in ihrem Zusammenwirken den Umständen anpassen. Wir werden, indem wir auf die Zergliederung der thierischen Wärmeerscheinungen eingehen, zuerst die normalen Temperaturschwankungen des Organismus und dann die Mittel angeben, durch welche ein entstandener Verlust der Wärme wieder erzeugt oder ein Ueberschuss derselben abgeführt wird.

Normaltemperaturen.

Insofern die Wärme eine Bedingung zur Einleitung und Erhaltung von mancherlei insbesondere aber von chemischen Lebensprozessen ist, gewinnt die Temperaturbestimmung einen grossen Werth; in Verbindung mit anderen Beobachtungen kann sie auch dienen, um eine Einsicht in den Gang der Erzeugung und des Verbrauches an Wärme zu gewinnen.

Um zu zeigen, inwiefern dieses letztere möglich, wählen wir ein einfaches Beispiel. Wir nehmen an, es seien drei unmittelbar an einander grenzende, wärmeleitende Flächen gegeben, von denen die beiden äusseren unter allen Umständen auf verschiedene Grade erwärmt sein sollen; in diesem Falle wird die innere der drei Flächen eine Temperatur annehmen, die in der Mitte liegt zwischen derjenigen der beiden äusseren, da sie von der einen Seite her erwärmt und von der anderen abgekühlt wird. Um auch hier wieder den einfachsten Ausdruck zu wählen, wollen wir annehmen, die

Temperatur der inneren Fläche sei das arithmetische Mittel zwischen den beiden äusseren. Unter dieser Voraussetzung wird man einsehen, dass in Folge einer Temperaturbestimmung der inneren Fläche niemals etwas ausgesagt werden kann über die Unterschiede der Temperatur auf den äusseren Flächen, da aus unendlich vielen Unterschieden ein und dasselbe Mittel hervorgehen kann. Kommt aber zu der Kenntniss der Mittelwärme noch die einer der beiden Grenztemperaturen hinzu, so ist begreiflich auch die andere Grenztemperatur bestimmt. Zugleich ist ersichtlich, dass, wenn in der Zeit die Temperatur der mittleren Fläche sich ändert, auch diejenigen der erwärmenden und abkühlenden Flächen Veränderungen erlitten haben müssen; über die Natur dieser letzteren lässt sich aber wiederum nur dann etwas angeben, wenn das Verhalten von einer der Grenzflächen während der Beobachtungszeit bekannt ist, da z. B. ein Ansteigen der Temperatur in der mittleren Fläche erzeugt sein kann ebensowohl durch eine Minderung des Verlustes als eine Vermehrung des Gewinnes an Wärme oder, auf die Grenzflächen angewendet, durch Erhöhung der Temperatur entweder in beiden oder auch nur in einer von beiden Flächen beim Gleichbleiben der Wärme in der anderen. — Die Resultate dieser Betrachtung bleiben nun, wie ein kurzes Nachdenken lehrt, unverändert, wenn man statt der abkühlenden und erwärmenden Platte in die mittlere Fläche selbst eine Quelle und einen Verbrauch an Wärme eingelegt denkt. — Sollen demnach die in neuerer Zeit so zahlreich angestellten Temperaturmessungen von Bedeutung für die Beurtheilung des Wärmehaushaltes werden, so muss auf einem oder dem anderen Wege noch Aufschluss gegeben werden über die Veränderungen des Verbrauches oder der Erzeugung von Wärme an der beobachteten Stelle.

Zur Messung der Temperatur bedient man sich des Thermometers und des graduirten Thermomultiplikators. — Das erstere dieser beiden Instrumente ist ein sehr zuverlässiger aber auch ein träger Apparat, d. h. es muss das Quecksilbergefäss desselben längere Zeit an einem Orte verweilen, bevor es dessen Temperatur vollständig angenommen. Daraus folgt, dass der Thermometer nur beständige Temperaturen messen kann und auch dieses nur dann, wenn das aufgelegte Thermometer die Temperatur des Ortes nicht ändert, dessen Wärme es messen soll. Aus dem letztern Grund ist es z. B. unbrauchbar zur Ermittelung der Temperatur eines Ortes, durch welchen ein constanter Wärmestrom geht, wie z. B. der Epidermis. Denn auf dieser kann es nur Anwendung finden, wenn die Epidermisoberfläche (Handteller, Achselgrube, Schenkelung u. s. w.) so gekrümmt wird, dass sie die Kugel möglichst allseitig umschliesst, oder wenn die in beschränkter Berührung aufgesetzte Kugel mit einem schlechten Wärmeleiter, der auch noch die anliegende Epidermis bedeckt, umkleidet wird. Beide Anwendungsweisen verhindern aber die normal bestehende Abkühlung jener Hautstelle, deren Temperatur man messen wollte; man erhält darum, wenn man das Thermometer so lange liegen lässt, bis sein Quecksilberniveau einen unveränderlichen Stand eingenommen, die Temperatur der unterliegenden Cutis resp. des sie durchdringenden Blutes. — Aus dem schon früher mitgetheilten Prinzip des graduirten Thermomultiplikators (Bd. I. p. 467) geht hervor, dass er ein Differentialinstrument ist, welches beständige und veränderliche Temperaturunterschiede zweier Orte mit grosser Schärfe auffasst. Seine Anwendung ist dagegen umständlich und die Reduktion seiner Angaben auf thermometrische Grade nur bei äusserst sorgfältiger Arbeit zuverlässig. Bringt man, wie es Becquerel*) u. A. gethan, die Löthstellen auf

*) Annales des sc. nat. zoolog. III. u. IV. Bd. (1835 u. 36.).

einer Nadel an, so kann man im lebenden Menschen auch die sonst unzugänglichen Orte, z. B. Muskeln, Eingeweide u. s. w., auf ihre Temperatur bestimmen. — Der dem thierischen Körper eingewachsene Wärmemesser, der Empfindungsnerv der Haut, ist bekanntlich kein Instrument zur Messung unveränderlicher Temperaturen, er ist im engern Wortsinne kein Thermometer. Da er an der Grenze von Luft und Blut steht, so kann der Nerv auch ein Absinken der Hauttemperatur anzeigen (ein Frostschauern veranlassen), trotzdem, dass die Blutwärme im Steigen begriffen ist und umgekehrt. Das auffallendste Beispiel hierfür ist der Fieberfrost, dessen Auftreten jedesmal begleitet wird von einer Steigerung der Bluttemperatur (Gierse, Bärensprung, Traube, Michael u. A.). Dieser scheinbare Widerspruch erklärt sich einfach aus dem Zustand der Hautgefässe, welche sich so sehr zusammenziehen, dass das Blut nur in sehr geringer Ausdehnung mit der Haut in Berührung ist; die Abkühlung gewinnt also trotz einer erhöhten Bluttemperatur das Uebergewicht. Ebenso häufig geht die Empfindung der Hitze mit einer fortschreitenden Abkühlung des Bluts Hand in Hand.

I. Die verschiedenen Orte des menschlichen Körpers sind zu einer und derselben Zeit nicht auf gleichen Grad erwärmt.

a. Blut*). Nach den Beobachtungen von Bischoff, G. v. Liebig und Cl. Bernard ist das venöse Blut, welches aus der Haut zurückkommt, im allgemeinen kühler als das arterielle, welches in sie strömte. Das Blut, welches dagegen in die Niere und Leber eingeht, ist kühler als das, welches jene Organe verlässt. Das Blut, welches in die Darmwandungen eindringt, ist bald kühler und bald wärmer gefunden worden als das der vena portarum. Das Blut der Speichel- und Muskelvenen ist zeitweise wenigstens wärmer als das der entsprechenden Arterien. Aus allen diesen ergiebt sich, dass der Inhalt derjenigen Venenstämme, welche das Blut aus verschiedenen Organen sammeln, bald wärmer und bald kälter als das Arterienblut sein kann.

Das Blut, das aus der vena cav. inferior ins Herz einfliesst, scheint immer wärmer zu sein als das, welches durch die vena cava superior dort anlangt, eine Erfahrung, die sich auch ohne Schwierigkeit aus deren Menge und der Temperatur der Blutarten erklärt, welche in die beiden genannten Gefässe einströmen. Das Gemenge aus allen venösen Blutarten, also der Inhalt des rechten Herzens wechselt in seiner Temperatur je nach dem Uebergewicht des Stroms aus der cava descendens oder ascendens; aber immer findet sich bei gleichzeitiger Beobachtung der Inhalt des rechten Ventrikels wärmer als der des linken.

*) G. v. Liebig, Ueber die Temperaturunterschiede des venösen und arteriellen Blutes. Giessen 1853. — J. Gavarret, De la chaleur prod. par les êtres vivants. Paris 1855. p. 119. — Bernard, Compt. rend. 43. Bd. p. 331 und 561.

Die folgende Tabelle giebt einige Beispiele für die obigen Aussprüche.

Hund.	Ort.	Wärme in C-Graden.	Bemerkungen.	Beobachter.
1	Vena cava super.	35,98		G. v. Liebig.
	Atrium dextr.	36,37		
2	Vena cruralis.	37,20		
	Vena cava infer.	38,11		
3	Aorta.	38,7	Ende der Verdauung.	Cl. Bernard.
	Vena portarum.	39,2		
4	Vena portarum.	39,9	Anfang d. Verdauung.	
	Vena hepatica.	39,5		
5	Vena portarum.	39,7	Verdauung.	
	Vena hepatica.	41,3		
6	Vena portarum.	37,8	Seit 4 Tagen nüchtern.	
	Vena hepatica.	38,4		
7	Vena portarum.	39,6	Verdauung.	
	Vena hepatica.	39,7		
8	Aorta.	38,4		
	Vena hepatica.	39,4		
9	Rechtes Herz.	38,8	Nüchtern.	
	Linkes Herz.	38,6		
	Rechtes Herz.	39,2	Verdauung.	
	Linkes Herz.	39,1		
10	Rechtes Herz.	36,37		G. v. Liebig.
	Linkes Herz.	36,82		
11	Rechtes Herz.	39,21		
	Linkes Herz.	34,02		

Diesen Beobachtungen der oben genannten Autoren ist darum der Vorzug gegeben worden vor den zum Theil entgegengesetzt berichtenden anderer Physiologen (Davy, Krimer, Hering, Brechet u. A.), weil die zu den vergleichenden Untersuchungen verwendeten Thermometer an und für sich möglichst empfindlich und genau auf einander reduzirt waren, weil beim Ablesen der Zahlen der aus der Paralaxe fliessende Fehler vermieden war, ferner weil die Thermometerkugel in das Gefässlumen des lebenden Thieres uud zwar so eingefügt war, dass sie, ohne den Blutstrom zu hemmen, nur mit dem Blute, nicht aber mit den Gefässwandungen in Berührung war. Den Resultaten, die aus solchen Messungen hervorgegangen sind, lassen sich natürlich die nicht ebenbürtig gegenüber stellen, bei welchen man die Thermometerkugel in den Aderlassstrahl hielt oder in Gefässe steckte, die dem Luftzutritte Preis gegeben waren, und zwar zum Theil erst dann, nachdem einige Zeit vorher der Tod erfolgt und die Athmung und somit auch der Unterschied zwischen venösem und arteriellen Blut aufgehoben war.

b. Die Unterzungengegend ist um 0,5 bis 0,25° C., die Blase, der Mastdarm und die Scheide um 0,8 bis 1,1° C. wärmer, als die Achselgrube (Hallmannn*), Bärensprung**) L. Fick***), Berger, Davy). Das Bindegewebe unter der Haut ist um 2,1° C.

*) Helmholz, l. c. 530.
**) Müller's Archiv. 1851.
***) Ibid. 1853.

bis 0,9° C. niedriger temperirt als das der Skelettmuskeln (Becquerel und Brechet). Die Baucheingeweide sind nach den thermoelektrischen Bestimmungen derselben Gelehrten etwas wärmer, als die Lungen und das Hirn.

2. Kein Ort des thierischen Körpers verhält sich im Verlauf auch nur eines Tages stetig auf derselben Temperatur, überall und fast immer schwankt die Wärme auf und ab. Diese Schwankung kann allerdings zunächst nur abgeleitet werden aus einer Veränderlichkeit des Gewinns und des Verlustes an Wärme, aber die absteigende Temperatur ist dennoch kein Zeichen für ein Sinken und die aufsteigende kein solches für das Anwachsen der Wärmeerzeugung, denn es kann die absteigende Wärme eben so gut von einer Erleichterung und die aufsteigende von einer Hinderung des Wärmeabflusses abhängen. Diese Zweideutigkeit, welche der Temperaturangabe mit Rücksicht auf die Ursache der Aenderung anklebt, ist um so mehr im Auge zu behalten, als in der That im thierischen Körper die Vorgänge, welche Wärme erzeugen, in weiten Grenzen unabhängig sind von denen, welche Wärme fortschaffen.

Wenn sich im thierischen Körper die Wärme ändert, so treten damit auch in einigen andern seiner Lebensvorgänge Variationen ein, einige dieser letzten Veränderungen sind so beschaffen, dass mit ihrem Eintritt sich auch nothwendig die Erzeugung oder der Verlust von Wärme ändern muss, andere so, dass dieses zwar oft, aber nicht nothwendig geschehen muss. Nehmen wir an, es sei der Verlust an Wärme unverändert geblieben, es seien dagegen die Umsetzung und die nachfolgende Oxydation der organischen Stammatome des thierischen Körpers (Eiweiss, Fette etc.) gesteigert worden, so muss auch die Wärme reichlicher fliessen, beziehungsweise die Temperatur zunehmen. Wir dürfen also, alles Andere gleich gesetzt auf eine aufsteigende Temperaturschwankung rechnen, wenn mehr Sauerstoff verschluckt oder mehr Galle, Harnstoff, Kohlensäure u. s. w. abgesondert wird. Die chemischen Prozesse, aus welchen diese letztern Umsetzungsprodukte hervorgehen, werden aber angeregt durch die Aufnahme von Speisen, durch Nerven- oder Muskelerregung u. s. w. Insofern also nach der Mittagsmahlzeit die chemische Umsetzung wirklich gesteigert wird, oder der erregte Muskel die von ihm entwickelten Kräfte nur zu Arbeiten innerhalb des thierischen Körpers selbst verwendet u. s. w., können wir die eingetretene Temperatursteigerung auch als abhängig von den genann-

ten physiologischen Vorgängen ansehen. In Folge eines vermehrten Bedürfnisses nach Sauerstoff und einer lebhaftern Umsetzung des Eiweisses, der Fette etc. bewegen sich Herz und Brustkasten häufiger, also kann man auch die Wärmeänderung als eine Funktion von den zuletzt genannten Bewegungen betrachten.

Aus diesen Bemerkungen erklärt es sich, warum die Erfahrung kein allgemeingültiges Gesetz aufdeckte, durch welches die Abhängigkeit der Temperaturschwankung von den Aenderungen einzelner physiologischer Vorgänge bestimmt wird. Die folgenden Angaben haben darum nur Werth als Durchschnittsregeln und als Ausgangspunkte für weiter gehende Untersuchungen.

a. Die Temperatur ändert sich mit dem Grade der Geschwindigkeit, den die Ausscheidung von CO_2 und die Aufnahme von Sauerstoff durch die Lunge hindurch annimmt. Beispiele hierfür liefern die Mitteltemperaturen verschiedener Thierklassen. So verzehren u. A. die warmblütigen Wirbelthiere viel mehr Sauerstoff als die kaltblütigen. Auch an demselben Individuum geht meist die Temperatur dem täglichen Gang der CO_2-Ausscheidung parallel, siehe hierüber Chossat, Bidder und Schmidt*). — Mit der Lebhaftigkeit des Gasstroms durch die Lungenwand wächst aber bekanntlich auch die Geschwindigkeit der Athemfolge; darum athmet auch ein Thier rascher, wenn seine Temperatur steigt. Belege hierfür finden sich bei Chossat, welcher die Temperatur und die Athemfolge hungernder und gefütterter Tauben vergleicht.

b. Die Lebhaftigkeit, mit welcher die Gallenbildung**) vor sich geht, lässt sich an der Temperaturänderung erkennen. Arnold verglich bei einem hungernden Hund (von der 18. bis 42. Hungerstunde) die Menge des festen Rückstandes, welchen die in je einer Stunde abgesonderte Galle enthielt, mit der Temperatur im rectum. Der Gallenrückstand und die Temperatur stiegen und fielen gleichzeitig.

c. Mit der Erregung der Nerven und der von ihnen abhängigen Muskeln und Drüsen wächst die Wärme. So erhöhte sich u. A. die Bluttemperatur J. Davy's nach dauernden Muskelanstrengungen um 0,7° C. und nach anhaltender geistiger Beschäftigung um 0,27° C. — Die Erwärmung geht von den erregten Orten aus; dieses ist für die Muskeln durch Becquerel, Brechet, Helmholtz (I. Bd. p. 467) und Ziemsen***) erwiesen worden.

---

*) Verdauungssäfte p. 347.

**) Physiologische Anstalt in Heidelberg p. 97.

***) Die Elektrizität in der Medizin 1857.

Letzterer beobachtete, dass die Wärme, welche von den zusammengezogenen Muskeln ausgeht, sich auch in die über ihnen liegende Haut verbreitet; und dass nach der Rückkehr des Muskels in seine Ruhelage die Temperatursteigerung noch einige Zeit anhält. Mit der Fähigkeit des Muskels, die Temperatur zu steigern, hängen wahrscheinlich auch die niedern Wärmegrade gelähmter Gliedmassen zusammen. Die Wärme der Hautdecken stieg nach Bewegungen der unterliegenden Muskeln im Maximum um 4° C. Dauernde und ausgebreitete Muskelzusammenziehungen erwärmen aber nicht allein den thierischen Körper bedeutend, sondern sie steigern auch unter Umständen seine Temperatur sehr rasch; so sah Bärensprung, dass das in den Mastdarm eines Neugeborenen eingeführte Thermometer alsbald zu steigen begann, sowie das Kind zu schreien anfing. — Die Wärmesteigerung der erregten Speicheldrüse ist S. 341 erwähnt.

d. Die in Vorstehendem mitgetheilten Untersuchungen fordern, dass an jedem Tag, gleichgültig, ob wir hungern und ruhen oder essen und arbeiten, ein Auf- und Absteigen der Temperatur eintreten müsse; zugleich verlangen sie auch, dass mit dem steigenden Alter die mittlere Tageswärme sich ändern müsse. Von den hier angedeuteten Schwankungen soll zuerst die betrachtet werden, welche unabhängig von der Muskelbewegung und der Nahrungsaufnahme eintritt. Die letztre Wärmeänderung führt den Namen der typischen Wärmeschwankung. Das Bestehen einer solchen typischen Tagesschwankung ist von Bärensprung durch Beobachtungen am Menschen und von Chossat und Schmidt an hungernden eingesperrten Thieren dargethan worden; als Beispiel für dieselben wählen wir die Angaben von Lichtenfels*) und Fröhlich. Bei vollkommener Enthaltung aller Nahrung, möglichster Ruhe der Muskeln und einem Aufenthalt in einer Luft von 12°,4 bis 13°,6 C. fiel die Temperatur von der letzten Mahlzeit an (des Abends) bis 10 Stunden nach derselben, erhob sich in der 11. Stunde nach derselben um ein Geringes, sank dann stärker bis zur 15. Stunde und erhob sich bis zur 19. wieder auf den Stand welchen sie zur Zeit der 10. eingenommen; und begann von da an wieder zu sinken. Der grösste Unterschied betrug bei Lichtenfels (11. und 15. Stunde) 0,80° C., bei Fröhlich 0,56° C.

*) Wiener akadem. Denkschriften. 3. Bd.

Der tägliche Wärmegang, wie er eben hingestellt wurde, ändert sich natürlich, wenn die Lebensweise eine andere wird; vor Allem übt die Aufnahme von Nahrung einen Einfluss, den man im allgemeinen als einen wärmeerhöhenden ansehen kann; er zeigt sich am schlagendsten sogleich darin, dass die Wärme nach Entziehung aller Nahrung sinkt. So fanden z. B. Lichtenfels und Fröhlich die mittlere Temperatur der Hungertage zu 36,60° C., während sie an den wie gewöhnlich verlebten Tagen auf 37,17° C. stand. Dieser Wärmeunterschied wächst nun aber nicht geradezu mit der Dauer der Hungerperiode, sondern es hält sich, nach den an verhungernden Thieren angestellten Beobachtungen die Temperatur vom zweiten Hungertage an constant bis gegen die dem Tode unmittelbar vorangehenden, wo die Wärme von Tag zu Tag rasch sinkt (Chossat, Schmidt). In einer Versuchsreihe an einer Katze (Schmidt) zeigte bis zum 15. Hungertage das Thermometer im Mittel 38,6° C., am 16. Tage 38,3°, am 17. Tage 37,64°, am 18. Tage 35,8° und endlich am 19. (dem Sterbe-) Tage 33,0. — Mit diesen Angaben sind wenigstens die von Chossat*), der seine Beobachtungen an den höher temperirten und rascher verhungernden Tauben anstellte, nicht im Widerspruche. Den Erscheinungen der Hungerkur entsprechend scheinen sich die Dinge auch bei der Einnahme der Nahrung zu stellen; unzweifelhaft nimmt nämlich die Temperatur nicht mit dem Gewichte der aufgenommenen Speise zu; träfe dieses ein, so dürfte die Temperatur der Erwachsenen sich nicht in so engen Grenzen halten, da sie doch so ausserordentlich verschiedene Mengen von Nahrungsmitteln geniessen. Zu weiteren Angaben fehlen jedoch noch die genaueren Untersuchungen.

Ueber die Art und Weise, wie die Nahrungsaufnahme die typische Tagesschwankung modifizirt, ist Folgendes bekannt.

Nach den Messungen von Lichtenfels-Fröhlich, Gierse, Hallmann und Bärensprung, welche ungefähr zu denselben Stunden auf gleiche Weise assen, steigt die Wärme nach dem Frühstück an und erreicht 4—6 Stunden nach demselben ihr erstes Maximum, dann sinkt sie bis zur Hauptmahlzeit und steigt nach derselben, bis sie 1½ bis 2½ Stunden danach ihr zweites Maximum erlangt; die Abendmahlzeit erzeugt aber kein neues Steigen, mit anderen Worten, sie vermag das Sinken in Folge der typischen Schwankung nicht aufzuhalten. — Bei J. Davy erreichte die

*) Recherches expérimentales sur l'inanition. Paris 1843.

Wärme 2 Stunden nach dem Frühstück ihr Maximum und sank von da ab; dieser absteigende Gang konnte durch die um 6^h Abends eingenommene Hauptmahlzeit nicht in einen aufsteigenden verwandelt werden. Uebereinstimmend gaben Davy, Gierse, Hallmann und Lichtenfels den grössten Unterschied in der Tageswärme zu 0,73 bis 0,68° C. an, Bärensprung fand ihn an sich selbst zu 1,12° und Fröhlich zu 0,56°.

Als Beispiele führen wir die Beobachtungsreihen von Bärensprung und Davy an:

Tages- u. Mahlzeit.	Stunde.	Temperatur.	Tages- u. Mahlzeit.	Stunde.	Temperatur.
Morgens im Bette.	5—7	36,68	Morgens.	1	36,94
Kaffee.	7—9	37,16	Frühstück.	9	36,89
	9—11	37,26		11	36,89
	11—1	36,87		2	37,05
	1—2	36,83		4	37,17
Mittagessen.	2—4	37,15		5	37,05
	4—6	37,48	Mittagessen.	6,5	36,83
	6—8	37,43	Thee.	7,5	36,50
Abendessen.	8—10	37,02		11	36,72
	10—12	36,85		1	36,44
Aus dem Schlafe	12—2	36,65			
geweckt.	2—4	36,31			

Die tägliche Pulsschwankung, deren auf S. 100 gedacht wurde, fällt häufig mit dem Wärmegang zusammen, aber nicht immer ist der Parallelismus beider Curven ein vollständiger; so fand u. A. Bärensprung, dass das mittägige Maximum der Wärme dem des Pulses vorausging. In Krankheiten endlich ist Temperatur und Puls in weiten Grenzen unabhängig von einander (Traube, Jochmann)*).

Diese Schwankungen finden sich in allen Lebensaltern (Bärensprung). — Aus der mitgetheilten Tabelle dieses Letzteren geht hervor, dass die mittlere Tagestemperatur, wie sie aus den mittleren Zahlen abgeleitet werden kann, bei ihm in der That vorhanden ist um 8^h Morgens, 12^h Mittags und 10^h Abends. — Bei Fröhlich und Lichtenfels findet sich die mittlere Temperatur in der 3. Stunde nach dem Frühstück. Diese Bemerkung dient dazu, um die Beobachtung von der Auffindung der mittleren Tagestemperatur zu erleichtern.

Die typische Alters-Schwankung d. i. die Aenderung der mittleren täglichen Wärme in Folge des Alters ist weit schwieriger darzustellen; zu diesem Behufe müssten eliminirt sein die zahlreichen, allgemeinen und individuellen Gründe, aus denen bei den verschiedenen, der Vergleichung unterworfenen Menschen die Temperatur schwanken kann. Diese Forderung ist bis dahin nicht befriedigt. Das geringe Zutrauen aber, was schon darum die Angaben über die mittleren Temperaturen der

*) Beobachtungen über die Körperwärme. 1853.

verschiedenen Lebensalter verdienen, wird noch geschwächt durch den Umstand, dass die Temperaturunterschiede der verschiedenen Individuen desselben Alters grösser ausfallen, als die Unterschiede in den Mittelzahlen der verschiedenen Alter. Die folgende Tafel, die nach Bärensprung entworfen, giebt darüber Aufschluss *).

Lebensalter.	Mitteltemperatur.	Grenz-Temperatur.	Beobachtungsort.	Zahl der beobachteten Individuen.	Zimmer-Temperatur.	Tageszeit der Beobachtung.	Bemerkungen.
Neugeborene.	37,81	36,6 —30,0	Mastdarm.	37	Mittlere Zimmertemperatur.	?	Unmittelbar n. d. Geburt.
5— 9 Jahr.	37,72	37,87—37,62	Mund und Mastdarm.	4		Morgens. Mittags. Abends.	Während d. Handarbeit.
15—20 „	37,37	36,12—38,1	Achselhöhle.	11		nach Mittag.	Während d. Handarbeit.
21—30 „	37,22		„	11		„	
25—30 „	36,91		„	4		zu verschieden. Zeiten	Aus d. höh. Ständen.
31—40 „	37,1		„	6		vorzugsw. nach Mittag.	
41—50 „	36,87		„	7		zu verschieden. Zeiten.	
51—60 „	36,83		„	2			
80 „	37,46		Mund.	1			

e. Während eines ausgiebigen Aderlasses sahen Bischoff, G. Liebig, Bärensprung und Marshall Hall die Temperatur um einige Zehntel eines Grades steigen; in den paar ersten Tagen nach der Blutentziehung ging die Wärme auf den Werth vor derselben zurück und noch später sank sie unter die Norm und hielt sich auf diesem niedern Werthe längere Zeit.

f. Der Erfahrung entsprechend, dass die Haut einen wesentlichen Einfluss auf die Abkühlung übt, sollte man erwarten, dass mit der steigenden Durchfeuchtung und Blutfülle der cutis die Bluttemperatur sinken müsse und andrerseits, dass die letztere steigen würde, wenn die umgekehrten Zustände der cutis einträten. Die geringe Herrschaft, die wir über die Wärmeerzeugung ausüben, verhindert es aber, beweisende Beobachtungen zu gewinnen. Allerdings sind einige Thatsachen bekannt, aus denen der veränderte Wärmegang aus dem Zustand der Haut erklärt werden kann. So steigt z. B. die Temperatur im Fieberfrost (Gierse, Bärensprung, Traube**), Michael***), oder nach vorübergehenden

*) Ueber die Temperatur im Tode siehe Adler Wiener med. Wochenschrift 1859. Nr. 48.

**) Krisen und krit. Tage, Berlin 1852.

***) Archiv für physiolog. Heilkunde, 1856. 30.

Abkühlungen der Haut (F. Hoppe, Liebermeister); man könnte sagen darum, weil der Wärmeverlust durch die Haut, deren Gefässe sich verengert haben, vermindert sei. Umgekehrt sinkt die Blutwärme sehr häufig, wenigstens im Hitzestadium des Fiebers, wo die Gefässe der Haut weit ausgedehnt, und also zur Wärmeabgabe sehr geeignet sind. Aber diese Erklärungen sind nur hypothetische, da sich nicht nachweisen lässt, wie sich zu jenen Zeiten die Wärmeerzeugung verhalten habe.

g. Aenderung der Eigenwärme mit der Temperatur, Leitungsfähigkeit und dgl. in der Umgebung. — Wenn wir uns aus einer Umgebung, die einen mässigen Wärmeverlust bedingt, in eine solche begeben, die uns stärker abzukühlen vermag, so gehen daraus verschiedenartige Folgen für unsere Körpertemperatur hervor. Unmittelbar nach dem Uebergang aus dem Warmen in das Kühle kann auch die Temperatur unseres Körpers herabgehen, aber sie muss es nicht, ja sie kann im Gegentheil etwas ansteigen (Liebermeister). Die Eigenwärme scheint nur dann jedesmal fast momentan zu sinken, wenn der Wärmeabstand zwischen unserm Blute und unserer Umgebung ein bedeutender ist, oder die Leitungsfähigkeit des uns umgebenden kühlern Mediums eine merkliche ist. So beobachteten Davy, Virchow, Hoppe u. A. schon nach einem kurzen Aufenthalt in einer Luft von 0° oder im Seebad u. s. w. ein Sinken der Eigenwärme und zwar ein grösseres bei der Messung in der Mundhöhle, ein geringeres bei der im Mastdarm. — Aehnlich wie beim plötzlichen und vorübergehenden Einwirken der äussern Kälte, verhalten sich auch die Folgen für die thierische Eigenwärme bei andauerndem Bestehen der erstern. Unter Voraussetzung einer genügenden Ernährung, Muskelbewegung und Hautbekleidung kann eine sehr niedere Lufttemperatur ertragen werden, ohne dass die Eigenwärme des Warmblüters merklich sinkt. Als Beispiele hierfür dienen die Beobachtungen von Parry und Back, welche im arktischen Winter bei einer Lufttemperatur von — 30° bis — 35° die Temperatur der dort vorhandenen Säugethiere zu + 40° fanden. Die sorgfältige Arbeit von Martins sagt Aehnliches für Schwimmvögel aus. — Wenn aber die nöthige Speise oder die Bewe-

*) Hoppe, Archiv für pathol. Anatomie. XI. 456. — Virchow, Ibidem. XV. 70. — Parry, Annales de chim. et de phys. 2me Sér. XXVIII. 223. — Back, Compt. rend. II. 621. — Martins, Mémoires de l'academie de Montpellier. III. 189. — Liebermeister, Deutsche Klinik. 1859. 391. — Hagspihl, Valentins Jahresbericht über Physiologie für 1857. 58. — Valentin, Archiv für physiolog. Heilkunde. 1858. — Brown-Séquard, Journal de physiologie. II. 549.

gung mangelt, so sinkt die Temperatur des Warmblüters je nach Umständen mehr oder weniger tief und rasch ab. Ein sehr auffallendes Beispiel giebt Chossat; er fand, dass hungernde Thiere selbst bei einer Lufttemperatur von + 12° bis 18° C. in Folge der Abkühlung sterben können.

Folgt auf die Einwirkung vorübergehender Kälte wiederum die eines mässig warmen Mediums, wie es z. B. nach dem Austritt aus einem kalten Bad der Fall ist, so gestaltet sich jetzt der Gang der Temperatur so, dass sich die während des Bades gesunkene oder normal gebliebene Wärme alsbald wieder hebt und zwar meist höher, als sie vor dem Eintritt in das Bad stand.

Lokale Abkühlungen, wie sie oft als Heilmittel angewendet werden, kühlen zunächst örtlich und dann auch allgemein, siehe hierüber Hagspihl.

Wird die Temperatur unserer Umgebung auf diejenige unseres Bluts gebracht, oder übersteigt der äussere Wärmegrad gar den innern, so sind die Folgen für die Blutwärme sehr ernsthaft; die Wirkungen dieser hohen Temperatur unserer Umgebung werden bedeutend verstärkt, wenn gleichzeitig die umgebende Luft mit Dampf gesättigt ist.

Wärmegrade der Umgebung, die oberhalb der thierischen Normaltemperatur liegen, erträgt der Organismus, ohne seine Wärme wesentlich zu erhöhen, vorausgesetzt, dass eine lebhafte Schweissbildung unterhalten werden kann (Franklin) und dass die Atmosphäre trocken genug ist, um eine rasche Verdunstung des Wassers von der Haut und der Lunge aus zu erlauben. In einer mit Feuchtigkeit vollkommen gesättigten Luft, oder gar in einem warmen Bade, steigt dagegen die Temperatur des Organismus rasch. So fanden u. A. Berger und de la Roche, dass bei einem Aufenthalte von 8 bis 16 Minuten in einem auf + 100° bis 127° C. erwärmten Raume die Temperatur unter der Zunge um 4° bis 5° stieg. Die englischen Beobachter*) Blagden, Dobson, Fordyce u. A. fanden dagegen in der gleichen Zeit unter ähnlichen Umständen nur eine Temperatursteigerung von etwa 1° C. Aehnliche Beispiele giebt Hoppe. Der letztre verfolgte auch noch den Gang der Temperatur, nachdem die Thiere wieder aus dem warmen Dunst oder Wasserbade ausgetreten waren. Er fand, dass die Thiere nach ihrer Rückkehr in die Luft von gewöhnlicher Zimmerwärme nicht allein bald wieder auf die normale Eigenwärme zu-

*) Philosophical transactions. 45. Bd.

rückkamen, sondern dass sie auch im Verlauf von 25 bis 50 Minuten auf eine niedrere Temperatur anlangten, als sie ihnen vor dem Eintritt in den erwärmten Raum eigen gewesen war.

Crawford machte bei Thieren, welche den Einflüssen höherer Temperaturen ausgesetzt waren, die Beobachtung, dass das in ihren Venen enthaltene Blut nicht dunkel- sondern hellroth gefärbt war.

Wenn man die Abkühlung der Thiere durch die Haut dadurch aufhebt oder vielleicht auch nur ändert, dass man sie in einen Kautschukbeutel einschliesst oder ihre Haut mit Leim oder Eiweiss überzieht, so nimmt die Eigenwärme derselben nicht zu, wie man wohl hätte erwarten können, sondern ab (Bernard, Hoppe). Verweilen die Thiere in dem Ueberzug bei gewöhnlicher Zimmerwärme längere Zeit, so erfolgt unter steigender Abkühlung (durch die Lungen?) der Tod; erhöht man dagegen die Wärme der Umgebung, so bleiben die Thiere nicht allein am Leben, sondern es erholen sich auch andere geschwächte Lebensfunktionen wie z. B. die CO_2-Bildung wieder (Valentin, Schiff).

In Verbindung mit den vorstehenden Beobachtungen hat man wiederholt die Frage aufgeworfen, ob Menschen und Thiere gleicher Art in warmen Gegenden höher temperirt sind als in kalten. Davy, Brown-Séquard, Eydoux und Souleyet fanden in der That die Eigenwärme des Menschen in warmen Gegenden höher. Die folgende Tabelle, welche der Abhandlung von Brown-Séquard entnommen ist, giebt die gefundenen Temperaturunterschiede an. Die Beobachtungen beziehen sich auf dieselben Menschen, welche aus kältern Gegenden in die Tropen oder umgekehrt gereist waren. Zum Verständniss der folgenden Tabelle muss bemerkt werden, dass wenn die Lufttemperatur sich um die in der ersten Columne stehende Zahl gemehrt (+) oder gemindert (—) hat, die Wärme des Menschen um die in der zweiten Columne stehende Zahl gestiegen (+) oder gesunken (—) ist.

Wärmeunterschied der Atmosphäre.	Wärmeunterschied des Menschen.	Ort der Messung.	Beobachter.
+ 40°,0 C.	+ 1°,0 C.	Rectum.	Eydoux u. Souleyet.
+ 11°,11 C.	+ 0°,88 C.	Mundhöhle.	J. Davy.
+ 38°,7 C.	+ 1°,26 C.	Mundhöhle.	Brown-Séquard.
— 13°,5 C.	— 0°,67 C.	Mundhöhle.	Brown-Séquard.

Martins beobachtete bei Enten, die er im Winter und Sommer untersuchte, keinen Unterschied der Eigenwärme trotz eines Temperaturunterschiedes der Atmosphäre von 20° C.

3. Spielraum der Eigentemperatur des Warmblüters*). Wenn das Säugethier lebend erhalten werden soll, so darf sein Blut nicht über 45° C. und nicht unter 19° bis 20° C. temperirt sein. Oberhalb der bezeichneten Grenze erfolgt der Tod, weil dann die Muskeln absterben, die, wie Kühne zeigte, einen Eiweisskörper enthalten, der über jener Temperatur gerinnt. Unterhalb 20° C. wird die CO_2-Bildung beeinträchtigt und die Nervenerregbarkeit sehr beträchtlich herabgesetzt, so dass ein Thier, welches einmal auf diesen Temperaturgrad herabgesunken ist, unfehlbar zu Grunde geht, wenn es in gewöhnlicher Zimmerwärme verweilt. Wird es dagegen in einer Temperatur von 36° bis 40° C. künstlich erwärmt, so erholt es sich in kurzer Zeit wieder vollständig. — Für den Menschen liegen die Temperaturgrenzen des Lebens wahrscheinlich ähnlich wie beim Säugethier. Nie wenigstens sah man die Temperatur des lebenden über 44,5° C. steigen, und noch sah man ihn lebend, wenn seine Temperatur auf 26,6° C. herabgesunken war. Aber beide Temperaturen wurden nur bei heftigen Krankheiten (Fieber und Cholera) beobachtet; die Temperaturen des gesunden Menschen sind also in noch engere Grenzen eingeschlossen. —

Vögel, die gewöhnlich über 40° warm sind, sterben schon bei einer Bluttemperatur von 26° C.

Ursprung der thierischen Wärme.

1. Die Wärme ist bekanntlich eine besondere Art von Bewegung, die, wie es scheint, von jeder Masse, wägbarer wie unwägbarer, ausgeführt werden kann. Der erste Theil dieses Satzes wurde bekanntlich dadurch bewiesen, dass sich Bewegung in Wärme und umgekehrt die Wärme in Bewegung umwandeln lässt, so dass für die verschwundene Wärme Geschwindigkeit und für die vernichtete Geschwindigkeit Wärme zu gewinnen ist. Also kann die Wärme kein Stoff, sondern sie muss eine Bewegung sein, weil es aller Erfahrung widerspräche, anzunehmen, dass durch den Verlust eines Stoffes Bewegung und durch denjenigen einer Bewegung ein Stoff entstehen könnte.

Wenn nun die Wärme eine Bewegung ist, so kann sie auch, entsprechend dem von Helmholtz entwickelten Gesetze über Erhaltung der Kraft, nur dann entstehen, wenn ein wägbarer oder

*) Bernard, Leçons de physiologie 1854—55. p. 183. — Derselbe, Gazette médicale 1859. 460. Ausserdem die schon angezogenen Abhandlungen von Bärensprung, Traube, Jochmann, Michael, Valentin, Schiff und Chossat.

unwägbarer Körper seine Geschwindigkeit einbüsst, oder wenn Spannkräfte als solche zum Verschwinden kommen. Das erstere Glied der Alternative ist an und für sich klar, das zweite wird es, so wie man erfährt, dass der Physiker unter Spannkraft die Bedingungen versteht, welche, obwohl sie selbst keine Bewegung sind oder wenigstens nicht zu sein scheinen, dennoch eine ruhende Masse in Bewegung versetzen können. Solche Bedingungen sind aber dadurch charakterisirt, dass sie nur herbeigeführt werden können durch einen vorgängigen Verlust von gerade so viel Geschwindigkeit, als sie selbst wieder erzeugen können. Unter diese Spannkräfte zählten wir u. A. schon früher den Druck, welchen die unteren Schichten einer Wassersäule zu ertragen haben; unter sie gehören auch gewisse chemische Anordnungen, wie sie z. B. den verbrennlichen Atomen zukommen. Denn die letztern sind während des Ueberganges in den verbrannten Zustand befähigt, entweder wägbare Massen zu bewegen (wie dieses bei der Ausdehnung der Körper, in der Dampfmaschine, den Wurfröhren u. s. w. geschieht), oder auch sich und ihre Umgebung zu erwärmen. Die beiden Leistungen stehen nun bekanntlich insofern im Gegensatz, als die eine Kraft des Verbrennungsprozesses in dem Maasse abnimmt, in welchem die andere Kraft in Anspruch genommen wird, so dass, wenn aus einem Verbrennungsvorgang viel Wärme gezogen wurde, die Grösse der verwendbaren Geschwindigkeit abnimmt und umgekehrt. — Da nun die Atome des verbrannten Körpers in den verbrennlichen Zustand nur dann zurückgeführt werden können, wenn dieselbe Menge von Wärme oder Geschwindigkeit aufgewendet wird, die sie bei der Verbrennung ausgaben, so kann man sagen, es sei der verbrennliche Körper mit einer zur Ruhe gekommenen Geschwindigkeit begabt, welche sich als Spannung zwischen seinen Atomen geltend mache. Keinesfalls wird durch die Verbrennung neue bewegende Kraft gewonnen, sondern alte, längst vorhandene von einem Körper auf den anderen übertragen.

Diese der Physik entnommenen Thatsachen führen zu dem Ausspruch, dass die einzige Wärmequelle des menschlichen Körpers die langsame Verbrennung seiner organischen Bestandtheile ist. Dieser Satz wird von der physiologischen Beobachtung zunächst dadurch bestätigt, dass kein anderer Grund für die thierische Wärme aufgefunden werden kann. So genügen offenbar zur Entwickelung derselben die Stösse nicht, welche der menschliche Körper von den ihn umgebenden Medien, z. B. der bewegten Luft,

empfängt, da sie einestheils zu unregelmässig erfolgen und anderntheils in den meisten Fällen weitaus nicht den Kraftwerth der Stösse erreichen, welchen der menschliche Körper selbst beim Gehen, bei Armbewegungen u. s. w. seiner Umgebung mittheilt. — Ferner können die von den Muskel- und Nervenkräften ausgehenden Bewegungen keine neuen Ursachen der Wärme abgeben, da die Entwickelung dieser Kräfte selbst von dem thierischen Stoffumsatze abhängt. Die in den Muskeln und Nerven vorkommenden Bewegungen sind also erst wieder abgeleitet aus den latenten Kräften der Nahrungsmittel. Jene Apparate schöpfen ihre Befähigung zur Erzeugung von lebendiger Kraft aus derselben Quelle mit der freien Wärme, und somit muss in dem Maasse, in welchem jene Apparate lebendige Kräfte zum Vorschein bringen, die Befähigung des thierischen Stoffes zur Bildung freier Wärme abnehmen.

Daraus ergiebt sich schliesslich, dass auch die Reibungen, welche in Folge der Muskelbewegung erscheinen, wie z. B. die der Gelenkköpfe in den Pfannen, der Sehnen in den Sehnenscheiden, des Bluts in den Gefässen ursprünglich immer wieder demselben Material ihr wärmebildendes Vermögen verdanken. Denn die Muskelbewegungen, welche durch die eingeleitete Reibung Wärme erzeugten, konnten nur entstehen durch eine Aufwendung derjenigen Kräfte, welche latent zwischen den sich umsetzenden Atomen enthalten waren; also ist auch die Reibungswärme nur durch einen Umweg aus der latenten Wärme des Eiweisses, Fettes, des Sauerstoffs u. s. w. hervorgegangen, indem die letztere sich zuerst in eine Bewegung des Muskels und diese wieder in eine solche der Knochen, des Blutes u. s. w. umsetzte, welche durch die wärmeerzeugende Reibung zur Ruhe kam.

Diese auf theoretischem Wege gewonnene Ueberzeugung vom Ursprunge der thierischen Wärme hat man durch den Versuch noch zu befestigen versucht, oder wahrheitsgemässer gesagt, L a v o i s i e r und nach ihm D u l o n g und andere haben die zu ihrer Zeit theoretisch nicht beweisbare Annahme, dass die thierische Wärme auf der Oxydation des Thieres beruhe, durch den Versuch erweisen wollen. Dieses Unternehmen ist jedoch bis zum heutigen Tage noch nicht vollkommen geglückt.

Im Prinzipe muss dasselbe darauf hinauslaufen, die Menge von Wärme, welche hervorgehen kann aus der Oxydation des Eiweisses der Fette, des Zuckers zu CO_2, HO, Harnstoff u. s. w. zu ver-

gleichen mit der Wärmemenge, welche das Thier liefert, während es seine bestimmte Menge von CO_2, HO, Harnstoff bildet.

2. Um die erste dieser Forderung möglich zu machen, muss man die latente Wärme der bezeichneten Atome ermitteln; dieses geschieht, indem man die Wärmequantität misst, welche frei wird, wenn das Eiweiss, die Fette u. s. w. verbrennen. Die Einheit, in welcher die erhaltene Wärme ausgedrückt wird, ist bekanntlich das Fassungsvermögen der Gewichtseinheit des Wassers für Wärme, oder diejenige Menge der letzteren, welche je nach dem Uebereinkommen zu einem Gramm, einem Pfund (500 Gr.) oder einem Kilo (1000 Gr.) Wasser geführt werden muss, damit die Temperatur desselben um 1^0 C. erhöht werde.

Die bei der Verbrennung entwickelte Wärme fängt man dadurch auf, dass man den zu verbrennenden Körper in einen rings von Wasser oder Quecksilber umgebenen Metallkasten einbringt, und dort die Verbrennung so geschehen lässt, dass alle frei gewordene Wärme auf die Flüssigkeit übertragen wird. Aus dem bekannten Gewichte des verbrannten Körpers und dem des umgebenden Wassers und endlich aus der Temperaturzunahme dieses letzteren lässt sich ableiten, wie viel Wärmeeinheiten bei der Verbrennung der Gewichtseinheit eines beliebigen Stoffes frei werden. Ueber die zahlreichen Fehler, die diesem Verfahren anhaften können, und ihre Vermeidung, siehe die Abhandlungen von Favre und Silbermann. —

Ausser dieser, wenn man will, absoluten Wärmemessung giebt es noch eine relative; sie beruht auf dem Satze, dass die Menge von Wärme, welche ein Körper abgiebt, proportional dem Unterschied seiner eigenen und der ihn umgebenden Temperatur ist. Wenn man eine Messung nach diesem Prinzip ausführen will, bringt man in das Innere eines rings geschlossenen Kastens eine constante Wärmequelle, setzt denselben in einen Raum von constanter Temperatur, und wartet, bis ein in den Kasten gehängtes Thermometer auch hier eine constante Temperatur anzeigt. Wenn somit der Unterschied in der Temperatur der Luft innerhalb und ausserhalb des Kastens constant geworden ist, so muss auch der Kasten in jedem Augenblick so viel Wärme empfangen, als er ausgiebt. Mit Rücksicht auf den obigen Vordersatz lässt sich nun zeigen, dass innerhalb gewisser Grenzen wenigstens der Temperaturunterschied zwischen dem Kasten und der Umgebung mit der Menge von Wärme wächst, die im Innern des Kastens aufgewendet wurde. — Einen solchen Apparat kann man aber auch graduiren, d. h. in einen absoluten Maassstab umwandeln. Hierzu ist nichts Anderes nöthig, als dass man das constante Temperaturübergewicht des Kastens über seiner Umgebung dadurch erreicht, dass man in seinem Innern H-Gas verbrennt, dessen latente Wärme aus anderweiten Beobachtungen bekannt ist. Dieses Verfahren rührt von Hirn her, der es auch zu physiologischen Zwecken benutzt hat.

Aus den Erfahrungen, welche die Versuche über die Verbrennungswärme ergeben haben, hebt sich Folgendes für den physiologischen Zweck als wichtig hervor.

a. Die Zahl der Wärmeeinheiten, welche die Gewichtseinheit eines einzelnen oder einer Gruppe von Atomen beim Uebergange aus einer niederen in eine höhere Oxydationsstufe entwickelt, ist unabbängig von der Art und Zahl der Mittelstufen, welche zwischen den beiden Endgliedern gelegen sind. So giebt z. B. ein Gramm Stearinsäure, wenn sie mit Hülfe des gasförmigen Sauerstoffs zu CO_2 und HO verbrannt wird, immer dieselbe Wärmemenge, gleichgültig, ob die Verbrennung in einem Akte oder in der Art geschieht, dass sich noch mancherlei Zwischenprodukte (niedere Glieder der Fettsäurenreihe, CO u. s. w.) einschieben, bevor es zu einer vollständigen Ueberführung in CO_2 und HO gekommen ist. Dieser empirisch aufgefundene Satz ist eine nothwendige Folgerung aus der mechanischen Wärmetheorie. Denn nach ihr war die messbare Wärme nichts Anderes als die lebendige Kraft, welche frei werden konnte durch den Unterschied an Spannkräften im unverbrannten und verbrannten Atome. Dieser Unterschied ist aber natürlich nur abhängig von dem Zustand des in die Verbrennung eingehenden und des aus ihr hervortretenden Atoms, unabhängig dagegen von den Mittelgliedern, welche zwischen der Anfangs- und Endstufe gelegen sein können. Es verhält sich hierbei Alles gerade so, wie mit der Arbeit, welche durch den freien Fall eines Körpers geliefert werden kann. Dieselbe wird bekanntlich nur bestimmt durch die Fallhöhe, nicht aber dadurch, ob der Körper auf einmal oder in Absätzen aus der gegebenen Höhe herunterfällt. — b. Die Verbrennungswärme, welche einfache Atome oder Atomgruppen von einer und derselben chemischen Zusammensetzung liefern, ist abhängig von dem Zustande, in dem sie sich finden. So giebt u. A. ein Gramm Kohle in ihren verschiedenen allotropischen Modifikationen (Diamant, Graphit, Holzkohle) eine ungleiche Menge von Wärmeeinheiten; desgleichen geben gleiche Gewichte zweier Atomgruppen, welche in verschiedener Anordnung gleich viel Atome derselben Art enthalten (isomere und polymere Verbindungen), ganz ungleiche Wärmemengen. — c. Damit in innigem Zusammenhange steht die Erfahrung, dass die Verbrennungswärme eines Atoms im freien unverbundenen Zustande eine andere als im verbundenen Zustande ist; mit anderen Worten, die Summe der Wärmeeinheiten, welche bei der Verbrennung eines complizirten Atomes frei werden, können nicht abgeleitet werden aus der bekannten Wärmemenge, welche die in dem complizirten Atome enthaltenen Atome geben, wenn sie im freien Zustande verbrannt werden. Im Allgemeinen gilt jedoch

die Regel, dass die mit anderen schon verbundenen Atome weniger Wärme ausgeben, als die freien. Dieser Satz bestätigt sich nicht allein, wenn in das complicirte Atom Sauerstoff eingetreten, sondern auch, wenn die Verbindung frei von demselben, z. B. ein Kohlenwasserstoff, ist. Es haben sich also der Kohlen- und Wasserstoff bei ihrer Vereinigung schon verbrannt, indem sie bei derselben Wärme entwickelten. In einigen sehr seltenen Fällen, z. B. beim Schwefelkohlenstoff ist jedoch auch die Verbrennungswärme des complicirten Atoms grösser, als das aus ihren constituirenden Elementen berechnete Resultat. — d. Bei der Oxydation durch gasförmigen Sauerstoff ist die Zahl der entwickelten Wärmeeinheiten geringer, als bei der Verbrennung durch Stickoxydul. Die Verbrennung in reinem Sauerstoffgas oder in atmosphärischer Luft führt jedoch zu demselben Resultat. — e. Die Zahl der Wärmeeinheiten, welche die Gewichtseinheiten der in den Speisen enthaltenen oder zum Aufbau des menschlichen Körpers verwendeten organischen Atome ergeben, ist nur für die geringste Zahl derselben ermittelt. Durch Favre und Silbermann ist bekannt, dass 1 Gr. der folgenden Stoffe die verzeichneten Wärmeinheiten giebt.

Stearinsäure	($C_{36}H_{36}O_4$)	=	9700	W.-E.
Margarinsäure	($C_{34}H_{34}O_4$)	=	9560	„
Palmitinsäure	($C_{32}H_{32}O_4$)	=	9420	„
Caprylsäure	($C_{16}H_{16}O_4$)	=	7780	„
Capronsäure	($C_{12}H_{12}O_4$)	=	7000	„
Buttersäure	($C_8H_8O_4$)	=	5623	„
Propionsäure	($C_6H_6O_4$)	=	4670	„
Essigsäure	($C_4H_4O_4$)	=	3505	„
Ameisensäure	($C_2H_2O_4$)	=	1915	„
Alkohol	($C_4H_6O_2$)	=	8958	„
Kohlenstoff	(aus Holzkohle)	=	8086	„
Wasserstoff		=	34462	„

Diese Mittheilungen lassen erkennen, wie ungemein lückenhaft die Erfahrungen über die latente Wärme der im thierischen Körper verbrannten Stoffe sind. Man sieht sich darum genöthigt, zu einer Hypothese seine Zuflucht zu nehmen, wenn man eine Angabe über die Wärmequantität machen will, deren Verwendung dem thierischen Körper zu Gebote steht. Zu diesem Behufe nimmt man an, dass die in den organischen Verbindungen der Nahrung ent-

haltenen C- und H-Atome gerade soviel Wärmeeinheiten auszugeben vermöchten, als wären sie im freien Zustande verbrannt, und fügt zu dieser Unterstellung den weiteren Zusatz, dass der O, welchen die genannten Verbindungen mitbringen, so angesehen werden solle, als ob er schon einen ihm entsprechenden Wasserstoffantheil der Verbindung zu Wasser verbrannt habe; mit anderen Worten, wenn man nach der obigen Voraussetzung die latente Wärme einer Verbindung berechnen will, so zieht man eine ihrem Sauerstoffgehalte entsprechende Wasserstoffmenge ab.

Nach dieser Hypothese würde nun z. B. 1 Gr. Stearinsäure 9905 Wärmeeinheiten geben, während er beobachtungsgemäss nur 9700 liefert, das berechnete Resultat übersteigt das beobachtete. Anders gestaltet es sich mit den Kohlenhydraten. Wir wählen als Beispiel den Traubenzucker ($C_{12}H_{12}O_{12}$). Da dieser eine genügende Menge von O enthält, um allen seinen H zu HO zu verbrennen, so kommt bei unserer Berechnung nur der C in Betracht. Nun enthält 1 Gr. Zucker nach obiger Formel 0,4 Gr. C., diesem entsprechen aber 3234 W.-E.; 1,0 Gr. Zucker giebt aber auch 0,51 Gr. Alkohol, welche nach empirischer Feststellung 4568 W.-E. liefern. Diese müssen also jedenfalls schon in dem Gr. Zucker, welcher zur Alkoholbildung verwendet wurde, enthalten gewesen sein. Bedenkt man aber noch, dass auch Wärme aus dem Zucker entwickelt wurde, als er bei der Gährung unter CO_2-Abscheidung in Alkohol überging, so folgt aus allem Diesen, dass das berechnete Resultat weit unter dem beobachteten bleibt. Aus diesen beiden Beispielen, die einzigen, welche dem kritischen Experiment unterworfen wurden, geht hervor, dass jene Hypothese eine bald zu geringe, bald eine zu hohe Verbrennungswärme giebt. Wollte man also von obiger Annahme Anwendung machen auf ein Thier, das viel Fett und wenig oder gar kein Amylon frisst, so hätte man seine latente Wärme überschätzt, während man bei einem anderen Thiere, das Amylon und Fette im umgekehrten Verhältnisse verzehrt, die latente Wärme zu gering veranschlagt haben würde.

3. Die zweite Forderung zur praktischen Lösung der Frage, ob die aus dem thierischen Verbrennungsprozesse disponibel werdende Wärme mit der vom Thiere wirklich gebildeten übereinstimmt, verlangt Angaben über die während der Versuchszeit entwickelte Wärme und die in derselben umgesetzten Stoffgewichte, mit genauer Bezeichnung der in und aus den oxydirenden Processen

tretenden Atomgruppen. Von diesen Bedingungen ist die erstere ganz und die letztere mindestens theilweise zu erfüllen.

Die Wärme, welche die Thiere während der Versuchszeit entwickeln, kann durch ganz dasselbe Verfahren gemessen werden, welches zur Bestimmung der Verbrennungswärme eines beliebigen Atoms dient. Man sperrt das zu untersuchende Thier, dessen Temperatur zu Anfang und Ende des Versuches übereinstimmen muss, in einen rings von Wasser umgebenen Metallkasten und bestimmte die Temperaturzunahme, welche das bekannte Gewicht des umgebenden Wassers während der Anwesenheit des Thieres im Kasten erfahren hat.

Den qualitativen und quantitativen Gang der Stoffbewegung des dem Versuche unterworfenen Thieres erschliessen Dulong und Despretz aus der Menge des aufgenommenen Sauerstoffs und der ausgegebenen CO_2; nach den in der Respirationslehre entwickelten Grundsätzen genügen bekanntlich diese Angaben, um daraus auch die Menge des verbrannten Kohlen- und Wasserstoffs zu finden. Vorausgesetzt, es sei die möglichst günstige Annahme zugetroffen, dass während der Versuchszeit die ganze Menge von O, welche in derselben aufgenommen wurde, auch zur Bildung von CO_2 und HO verwendet, und es sei auch die ganze Menge der gebildeten CO_2 wieder ausgeathmet worden, so würden die gelieferten Bedingnngen immer noch nicht genügen, um daraus die Menge der Wärme zu bestimmen, welche während der Oxydation frei wurde. Dieses folgt unmittelbar aus den vorhin mitgetheilten Erfahrungen, dass die Wärmemenge, welche ein Atom H oder C bei seiner Umwandelung in CO_2 und HO liefert, sich richtet nach der Verbindung, aus welcher jene Elemente verbrannt wurden. Demgemäss müssten zu jenen Angaben des erwähnten Versuches auch noch die der complizirten Stoffe kommen, aus welchen die CO_2 und das HO herausgebrannt wurden.

4. Aus dieser Besprechung der Methoden und der Voraus, setzung der Rechnungen für die Versuche von Despretz und Dulong dürfte der Schluss gezogen werden, dass die aus ihnen gewonnenen Resultate keinesfalls der Ausdruck der vollen Wahrheit sein können, namentlich lässt sich voraussagen, dass die Rechnung für die Thiere, welche überwiegend Fette umgesetzt haben zu hoch, und für die, welche vorzugsweise Amylaceen verzehrten (z. B. Kaninchen, Meerschweinchen) zu niedrig ausfalle. Als Werthe

welche sich jedoch entfernt der Wahrheit annähern, sind sie nicht ohne Interesse; wir geben darum die Tafel von Dulong. Die unter der Rubrik Wärmeverhältniss aufgeführten Zahlen sind ein Quotient aus den vom Thiere wirklich ausgegebenen Wärmeeinheiten in die aus der CO_2-Ausscheidung und dem O-Verbrauch berechneten.

	Zahl der Beobachtungen.	Wärmeverhältniss.
Katze . . .	5	0,902
Hund . .	3	0,956
Meerschwein	3	0,865
Kaninchen	2	0,913

Aus der Thatsache, dass in keinem Falle die nach der Berechnung gebildete Wärme den wirklichen Verlust erreicht, schliessen wir, indem wir das Gesetz von der Erhaltung der Kraft als ein unumstössliches ansehen, dass auch die Eiweisskörper wie die Amylaceen bei ihrer Verbrennung mehr Wärme ausgeben, als sich aus ihr nach den aufgestellten Principien berechnet.

In der obigen Tafel von Dulong sind statt der von ihm selbst angewendeten Lavoisier'schen Zahlen für die Verbrennungswärme des C und H die von Favre und Silbermann gefundenen (8086 und 34462) benutzt. Die Beobachtungen von Despretz lieferten ein ungünstigeres Verhältniss zwischen dem hypothetischen Wärmegewinne und dem wirklichen Verluste; dieses verwandelt sich allerdings ebenfalls in ein sehr günstiges, wenn man statt der von ihm benutzten Zahlen für die Verbrennungswärme des C und H die Silbermann-Favre'schen substituirt. Dieses dürfte aber wohl nicht erlaubt sein, weil Despretz die Verbrennungswärme der Thiere und der genannten Elemente nach derselben Methode bestimmt hat, so dass also der bei seinem Verfahren eingetretene Verlust in der einen und der anderen Bestimmung sich geltend macht. Die Beobachtungen von Despretz sind aber darum nicht fehlerfrei, weil die Luft, in welcher seine Thiere athmeten, zu Ende des Versuchs mehr CO_2 und weniger Sauerstoff enthielt, als zu Beginn derselben. Also mussten auch die Thiere, nach den in der Athemlehre entwickelten Grundsätzen zu Ende der Beobachtung reicher an CO_2 sein, als zu Anfang derselben; dieser Unterschied bedingt aber einen Verlust an der beobachteten CO_2 und damit auch an der berechneten Wärme.

5. Veränderliche Wärmeerzeugung. Setzt man die Annahme als richtig voraus, dass die thierische Wärme der chemischen Bewegung ihren Ursprung verdanke, so folgt unmittelbar, dass die Wärmequellen mit der wechselnden Zeit sehr ungleich fliessen müssen. Eine Andeutung für die Richtigkeit dieser Folgerung giebt die tägliche Temperaturcurve, welche bekanntlich ansteigt, wenn der Sauerstoffverbrauch gewachsen ist, ohne dass eine unverhält-

nissmässig grosse Wärmeausfuhr besteht. Früher wurde jedoch auch gesagt, dass die einfache Temperaturbeobachtung nicht im Stande sei, die nöthigen Daten für die Veränderlichkeit der Wärmeerzeugung zu liefern; dazu würde nur die Messung der jederzeit erzeugten Wärme führen können.

Hirn hat sich in der That bemüht, das Abhängigkeitsverhältniss aufzusuchen, welches zwischen irgendwelchen andern physiologischen Bedingungen und der Wärmebildung bestehe. Zur Messung der entwickelten Wärme bedient er sich des schon beschriebenen calorimetrischen Kastens (p. 735). Die Menschen, welche sich in demselben aufhielten, athmeten aus einem Gasometer in ein anderes, so dass ausser dem Wärmeverlust, den der constante Temperaturunterschied zwischen der Luft im Kasten und derjenigen im Zimmer maass, auch noch die Menge der Gase bestimmt werden konnte, die bei der Athmung verbraucht und gewonnnen wurde. Jede der an Alter, Geschlecht, Körpergewicht, Wohlbefinden u. s. w. verschiedenen Personen, welche Hirn dem Versuch unterwarf, musste nun im Calorimeter entweder in ruhender Stellung verharren oder in einem Rade, das von einer Dampfmaschine getrieben wurde, auf- oder absteigen. Die Arbeit, die sie dabei leistete, hemmende oder beschleunigende, konnte somit ebenfalls nach Kilogrammmeter gemessen werden.

Die Ergebnisse, welche diese Versuchsreihe geliefert hat, müssen aus mehreren Gründen auffallen. So sollen 1) alle Personen gerade so viel Volumen O verschluckt haben, als sie CO_2 ausstiessen, so dass also aller eingenommene Sauerstoff zur Oxydation von Kohle gedient hätte; da der Mensch nicht ausschliesslich Amylon und Zucker verzehrt, so bleibt jenes Resultat unerklärlich. — Zweitens aber findet Hirn, dass die ruhenden oder im Rad absteigenden Menschen, wie sie auch sonst beschaffen waren, immer für 1 Gr. verschluckten Sauersoffs respect. für 1,375 Gr. ausgehauchter CO_2 mehr als 5000 Wärmegramme (zwischen 5000 und 5500) ausgaben. Aber auch diese Zahl ist noch immer befremdend gross, selbst wenn man zugeben wollte, dass die Hirn'schen Versuchspersonen nur Kohlenhydrate verbrannt hätten. Da wir nicht wissen, wie viel Wärme ein Gramm Sauerstoff entwickelt, wenn er sich mit der aequivalenten Menge von Zucker zur Bildung von CO_2 und HO vereinigt, so wollen wir, um der Gefahr der Unterschätzung auszuweichen, annehmen, dass bei der Verbrennung des Zuckers die in ihm vorhandenen C- und H-Antheile gerade soviel Wärme lieferten, als ob sie aus dem freien Zustand heraus in CO_2 und HO verwandelt wären. Dann gäbe 1 Gr. freien O's, indem er 0,937 Gr. Zucker verbrennt, 5162 W. E. Diese Zahl erreicht also noch immer nicht das von Hirn öfter gefundene Wärmeäquivalent desjenigen Sauerstoffs, den der ruhende Mensch verzehrt. Dieses Zurückbleiben erscheint aber besonders bedenklich, weil der Zucker der oxygenreichste Nahrungsstoff ist, der desshalb auch zur Verbrennung die geringste Menge freien Sauerstoffs nöthig hat. Aus diesem Grunde giebt auch 1 Gr. freien O's, welches sich mit Zucker verbindet, mehr Wärme, als bei seiner Vereinigung mit jedem andern verbrennlichen Blutbestandtheil. Wollte man also die Zahlen von Hirn noch annehmbar finden, so müsste man unterstellen, dass in dem von ihm beobachteten Menschen neben der Oxydation noch andere wärmebildende Umsetzungen stattgefunden hatten. Da diese aber nur auf Kosten des gesammten thierischen Wärmevorraths geschehen konnten, so mussten nun auch Zeiten kommen, in denen der ruhende Mensch für denselben Sauerstoffverbrauch

viel weniger Wärme ausgegeben hatte; diese Zeiten mussten aber niemals bei den zahlreichen Versuchen von Hirn anwesend gewesen sein.

Ein Theil dieser Abweichungen erklärt sich wohl aus den wenig sorgsamen analytischen Behelfen, deren er sich bediente. — Drittens endlich macht Hirn die Annahme, dass der Sauerstoff in den arbeitenden Muskeln gerade so benutzt werde, wie in den Zersetzungen, die der ruhende Körper erleidet, und zwar darum, weil bei seinen physikalischen Anschauungen nur unter dieser Voraussetzung seine Versuche zu den von ihm gewünschten Folgerungen führen. Nun wurde aber schon wiederholt (p. 385; 525; 602) erwähnt, dass bei der Muskelbewegung relativ viel CO_2, aber wenig Harnstoff gebildet werde, ja es hat Voit*) neuerlichst dargethan, dass die tägliche Harnstoffausscheidung eines Thiers von der Muskelanstrengung gänzlich unabhängig ist, also giebt es jedenfalls zwei verschiedene Reihen von Oxydationen, eine, die ebensowohl im ruhenden wie im bewegten Körper eintritt, diejenige nämlich, die zur Harnstoffbildung führt, und eine andere, nur dem bewegten Körper eigenthümliche, die nicht in das letztere Produkt ausmündet.

Aus Allem dem geht hervor, dass die von Hirn gezogenen Folgerungen über die Beziehungen zwischen Sauerstoffverbrauch, Wärmebildung und Arbeitsleistung nicht stichaltig sind. Nimmt man aber an, dass der Fehler in seinen Bestimmungen überall annähernd derselbe gewesen sei, so gewähren seine Zahlen noch wesentliches Interesse. Wir lassen darum seine Tabellen, soweit sie Thatsachen enthalten, folgen.

Zum Verständniss derselben muss bemerkt werden, dass die 1. Reihe in einem Kasten von andern Dimensionen ausgeführt wurde als die zweite. Beide Kasten waren aber auf gleiche Weise graduirt. — In der Columne Arbeit bedeutet + ein Aufsteigen, — ein Absteigen im Rade.

*) Münchner Sitzungsberichte der mathemat.-physik. Klasse 1860. 139.

I. Reihe.

Bezeichnung und Alter des Individuums.	In der Minute.		In der Stunde.				Zahl der Wärme-Kilos für 1 Gr. absorbirt. O.	Arbeit in der Stunde nach Kilogr.-Metr.
	Pulse.	Athemzüge.	Körpergewicht in Kilo.	Ein = ausgeathmete Luftvolum bei 0° und 0,760 M. Hg-Druck Cub.-M.	Absorbirtes O-Gew. in Gr.	Entwickelte Wärme-Kilos.		
H 42 Jahr.								
1	—	—	63,85	0,819	27,6	143,9	5,21	0
2	—	—	63,89	0,717	26,6	146,9	5,52	0
3	—	—	65,51	0,776	27,0	147,9	5,48	0
4	—	—	62,17	1,75	113,1	245,6	2,71	+ 23257
5	—	—	„	1,77	112,2	283,6	2,64	+ 20750
6	—	—	„	1,96	126,9	302,1	2,37	+ 22208
7	—	—	„	1,96	123,3	309,3	2,52	+ 21700
8	—	—	62,26	1,78	117,9	333,8	2,84	+ 2217(?)
O 18 Jahr.								
1	—	—	52,20	0,757	45,3	161	4,8	0
2	—	—	51,45	1,40	111,3	263,7	2,94	+ 17539
J. 47 Jahr.								
1	—	—	84,52	0,67	32,9	189	5,73	0
2	—	—	„	2,75	156,1	325,2	2,08	+ 34532
3	—	—	84,91	2,51	156,5	356,3	2,27	+ 34260
Mädchen 18 Jahr.								
1	—	—	64,91	0,37	24,6	129,2	5,25	0
2	—	—	65,60	1,47	107,8	252,1	2,34	+ 22387

2. Reihe.

Bezeichnung und Alter des Individuums.	Pulse.	Athemzüge.	Körpergewicht in Kilo.	Luftvolum Cub.-M.	Absorbirtes O-Gew. in Gr.	Entwickelte Wärme-Kilos.	Zahl der Wärme-Kilos für 1 Gr. absorbirt. O.	Arbeit in der Stunde nach Kilogr.-Metr.
H 42 Jahr.								
1	80	18	—	0,621	29,65	155	5,22	0
2	145	30	60,9	2,034	131,74	251	1,905	+ 27448
3	145	30	61,0	1,9755	115,7	203	1,754	+ 23357
4	105	20	61,3	1,548	63,85	351	5,5	— 26972
O 18 Jahr.								
1	—	—	—	0,875	32,94	170	5,161	0
2	—	—	53,7	1,601	99,12	291,5	2,94	+ 25912
3	—	—	51,2	1,364	88,7	269	3,02	+ 22989
4	80	22	51,6	0,8883	47,33	251	5,31	— 24175
J. 42 J.								
1	85	11,5	—	0,5085	32,8	170	5,183	0
2	—	—	85,1	1,6222	116,22	255	2,194	+ 33332
S. 47 J.								
1	60	7,5	—	0,5445	27,07	140,2	5,181	0
2	120	11	72,85	1,405	128,2	229	1,78	+ 32550
3	—	—	73,2	0,7386	48,28	251	5,18	— 30275
Mädchen 18 Jahr.								
1	—	—	—	0,6055	29,52	147,9	5,0	0
2	—	—	61,5	1,474	108,3	280	2,059	+ 20888

Wärmeverluste.

Die Wärmeverluste entstehen 1) dadurch, dass die flüssigen und festen Einnahmen (Speisen) des thierischen Körpers kälter sind, als seine flüssigen und festen Ausgaben (Harn und Koth);

die Wärme, die auf die Gewichtseinheit dieser den Organismus durchlaufenden Massen übertragen wird, ist abhängig von ihrer Wärmecapacität und dem Unterschiede ihrer Temperaturen beim Ein- und Austreten aus dem thierischen Körper. Unter allen Umständen ist dieser Wärmeverlust nur ein geringer Antheil der Gesammteinbusse. — 2) Durch Leitung und Strahlung von den freien Oberflächen des Körpers, insbesondere von Lunge und Haut, gegen die umgebenden Medien. Wie viel Wärme hierdurch in der Zeiteinheit auf der Einheit der Oberfläche verloren geht, ist bekanntlich abhängig von dem mittleren Temperaturunterschiede zwischen dem umgebenden Medium und dem Organismus, von der Wärmecapacität und Leitungsfähigkeit der Umgebung, oder wenn diese letztere Eigenschaft wie bei der Luft, ganz fehlen sollte, von der Bewegung derselben. — Für die Lunge lassen sich die nöthigen Angaben leicht gewinnen, weil sie eine constante Temperatur besitzt und die Luft, die mit ihr in Berührung kommt, sie immer auf nahezu 36° bis 37° C. erwärmt verlässt. Beispielsweise werden wir sogleich eine Rechnung ausführen. — Für die Haut sind dagegen die nöthigen Angaben nicht zu erbringen; dieses ist ersichtlich, weil die Temperatur der Hautoberfläche nach Zeit und Ort fortwährend veränderlich ist, eine Veränderung, welche eine complizirte Folge ihrer Blutfülle, der Geschwindigkeit des Blutstroms, der Bluttemperatur, der Wärmezuleitung von den inneren Organen durch den panniculus adiposus hindurch, der Wärmeleitungsfähigkeit und der Dicke der Epidermis und des Wärmeverlustes auf der Oberfläche ist; denn die Haut kommt nicht blos mit Luft, sondern auch mit Kleidern, Wasser u. s. w. in Berührung, und der Temperaturgrad, den die berührende Luft annimmt, ändert sich mit ihrer Bewegung, welche selbst wieder aus vielen Gründen, die in der Luft und in der Art der Kleidung begründet sind, variirt. — 3) Der thierische Körper verliert ferner Wärme, weil er fortwährend Wasser verdunstet; der Verlust an Wärme, die in den Wasserdampf latent übergeht, muss für die Zeit- und Flächeneinheit abhängig sein von der Temperatur der Körperoberfläche, ihrer Befeuchtung und der Sättigung der Luft mit Feuchtigkeit, kurz, von allen den Umständen, welche wir bei der Verdunstung schon ausführlicher angegeben. Die in Frage kommenden Faktoren sind nun bekanntlich wiederum in der Lunge constanter als in der Haut, so dass es immerhin gelingt, den Wärmeverlust, den wir durch Verdunstung aus der Lunge erfahren, sicherer zu bestimmen, als den durch die Haut. —

4) Die Lehre von der Erhaltung der Kräfte drängt endlich noch zu der Annahme, dass auch Wärme, gleichgültig ob sie latent oder frei war, verloren gehe durch die Erzeugung derjenigen Muskelkräfte, welche zu einer mechanischen Arbeit jenseits der Leibesgrenze verwendet werden. Für gewöhnlich mag dieser Verlust allerdings nicht sehr hoch anzuschlagen sein, da das mechanische Aequivalent der Wärme eine sehr beträchtliche Grösse besitzt, oder besser gesagt, da mit einem geringem Aufwande an Wärme sehr viel Arbeit zu leisten ist.

Da die Wärme eine Bewegung ist, so muss sich auch angeben lassen, wie viel von irgend welcher anderen bewegenden Kraft z. B. der Schwere, angewendet werden muss, um eine bestimmte Menge von Wärme zu erzeugen und umgekehrt. Nach den Messungen von Joule, Jacobi und Leguin ist übereinstimmend festgestellt, dass 430 Metergramme, d. h. eine Kraft, welche 430 Gramme auf 1 Meter zu erheben vermag, aequivalent sind einer Wärmeeinheit, d. h. der Wärme, welche nöthig ist, um 1 Gr. Wasser von 0° auf 1° zu erwärmen.

Vergleichung der täglichen Gesammteinnahme und Ausgabe an Wärme.

Wir stellen dieselbe nach Barral*) an, welcher sich auf eine, wie es scheint, umsichtig geführte Versuchsreihe stützt; seine Rechnungen können jedoch, weil sie zum Theil auf unrichtigen Annahmen beruhen, nur zu einer annähernd richtigen Vorstellung führen. Uebrigens herrscht eine gewisse Uebereinstimmung zwischen seinen und den Resultaten einer Rechnung, welche Helmholtz**), von durchaus anderen Voraussetzungen ausgehend, anstellte.

Barral unternahm an 4 Individuen, zwei Männern, einem von 59 und einem von 29 Jahren, einer Frau von 32 und einem Kinde von 6 Jahren, 5 Versuche, von denen je einer einen Zeitraum von 5 Tagen umspannte. In dieser Zeit bestimmte er Gewicht und Zusammensetzung der Speisen, des Harnes und Kothes; da das Körpergewicht unverändert blieb oder wenigstens als solches angenommen werden darf, denn er liess die Leute bei ihrer gewöhnlichen Lebensweise und Nahrung, so gab der Gewichtsunterschied zwischen der Nahrung und dem aus After und Blase entleerten Massen den Verlust durch Haut und Lungen. Da auch die Zusammensetzung der Nahrung, des Harnes und Kothes bekannt war, so liess sich auch die des Haut- und Lungendunstes finden. Berücksichtigt man das 24stündige Mittel in Einnahme und Ausgabe für Wasser und organische Bestandtheile, so hat man:

*) Statique chimique des animaux. Paris 1850. p. 245 u. f.

**) l. c. p. 562.

Tabelle I.

Alter und Geschlecht.	Körpergewicht in Gr.	Mittlere Temperatur in °C.	Mittlere Barom. in MM.	Nahrung in Gr.					Harn und Koth in Grammen.					Ges.-Gew. d. Nahrung.	Ges.-Gew. d. Kothes u. Harns.
				Wasser.	C.	H.	N.	O	Wasser.	C.	H.	N.	O.		
Männlich 29 Jahre.	47500	— 0,54°	756,1	1998,50	366,19	27,25	27,96	265,73	1177,76	30,46	5,36	13,66	16,94	2755	1265,0
„ „	„	+ 20,18	754,4	1842,43	264,89	42,76	21,17	191,42	1032,86	22,61	4,10	11,08	12,82	2386	1099,4
„ 6 Jahre.	15000	+ 4,23	751,9	955,8	154,30	23,76	7,93	129,82	567,20	14,12	2,36	4,91	8,00	1396	604,6
„ 59 Jahre.	58700	+ 6,32	745,9	2001,99	331,82	49,29	27,26	265,08	1865,71	35,03	6,35	17,75	19,27	2711	1962,8
Weiblich 32 Jahre.	61200	+ 17,25	757,9	1737,39	392,74	45,13	22,43	213,19	1138,22	18,18	3,44	10,77	9,84	2340	1191,6

Zieht man die C-, H-, N-, O-, und HO-Gewichte des Kothes und Harnes von dem der Nahrung ab so erhält man die Nahrungsantheile, welche mit der Lungen- und Hautausdünstung weggingen.

Tabelle II.

Ordnungszahl der Beobachtungen.	Wasser.	C.	H.	N.	O.
I.	820,8	335,7	51,9	14,3	248,8
II.	809,5	242,3	38,7	10,1	178,6
III.	501,9	140,2	21,4	3,0	121,8
IV.	136,3	296,8	42,9	9,6	245,8
V.	599,2	274,6	41,7	11,6	203,4

Aus den Angaben der Tabelle II. berechnet sich nun: 1) der wärmende Wasserstoff; darunter versteht man aber nach der früheren Verabredung den Theil des aus den Speisen verbrannten H, welcher zu seiner Verbrennung den eingeathmeten Sauerstoff benutzt, nicht aber denjenigen, welcher schon im festen Zustande in den Speisen enthalten war. Er wird aus den Zahlen der Tabelle II. abgeleitet, indem man berechnet, wie viel H nöthig ist, um den in der letzten Colonne aufgeführten O in HO umzuwandeln; zieht man diesen berechneten Werth ab von dem in der Tabelle aufgeführten H, so bildet der Rest den wärmenden, d. h. denjenigen, welcher bei der Wärmeberechnung in Anschlag gebracht wird. — 2) Das neu gebildete Wasser, und zwar dadurch, dass man den H der vorliegenden Tabelle auf Wasser berechnet. — 3) Addirt man dieses Wasser zu dem der zweiten Colonne, so erhält man das Gesammtgewicht des verdunsteten Wassers. — Das Gewicht der verdunsteten CO_2 wird nach bekannten Regeln ebenfalls aus dem Vorstehenden abgeleitet. — 5) Macht man endlich die Voraussetzung, dass die Ausathmungsluft im Mittel 4 pCt. CO_2 enthalten habe, so findet sich aus unseren Daten auch noch das Gewicht der Ausathmungsluft. Alle diese berechneten Werthe sind in der Tabelle III. zusammengestellt. Die Zahlen bedeuten Gramme.

Tabelle III.

Ordnungs-Nr. d. Versuches.	Wärmender Wasserstoff.	Neugebildetes Wasser.	Gesammtgewicht des verdunsteten Wassers.	Gewicht der verdunsteten CO_2.	Gewicht der Ausathmungsluft.
I.	20,8	467,0	1287,8	1230,9	30772,5
II.	16,4	348,5	1158,0	888,4	22210,0
III.	6,2	192,8	694,7	514,0	10350,0
IV.	12,2	386,3	522,6	1088,3	27207,5
V.	16,3	366,5	965,7	1006,9	15140,0

Damit ist nun die weitere Möglichkeit eröffnet, zu berechnen: 1) die Zahl der den Tag über gebildeten Wärmeeinheiten unter der Voraussetzung, dass der wärmende H und der C bei ihrer Verbrennung ebensoviel W.-E. entwickelt haben, wie bei ihrer Verbrennung im freien Zustande. Wir legen hierbei die Zahlen von Favre und Silbermann, nämlich für 1 Gr. C. = 8086 W.-E. und für 1 Gr. H. = 34462 W.-E. zu Grunde. Dieser Voraussetzung dürfte weniger Wärme entsprechen, als in der That ausgegeben wurde, da die feste Nahrung in den beobachteten Fällen vorzugsweise aus Brod, Zucker und Gemüse, also aus Kohlenhydraten bestand, welche, wie früher erwähnt, in der That eine höhere

Wärme entwickeln, als nach unserer jetzigen Berechnungsgrundlage aus ihnen gefunden wird. — 2) Den Wärmeverlust durch Verdunstung des Wassers; indem man die Wärme des den Körper verlassenden Wasserdunstes auf 37⁰ setzt und ihn im Maximum der Tension befindlich annimmt. — 3) Den Wärmeverlust durch die Erwärmung der Athmungsluft; die spec. Wärme der Athmungsluft ist gleich der der atmosphärischen mit de la Roche und Bérard auf 0,267 gesetzt. — 4) Die Wärme, welche an die eingegangenen Nahrungsmittel abgegeben wurde, deren mittlere Temperatur vor der Aufnahme auf 15⁰ angenommen wird. — 5) Die Wärme, welche mit der flüssigen und festen Ausleerung entfernt wurde; die spezifische Wärme beider ist dem Wasser gleich gesetzt. — 6) Endlich die Wärme, welche durch Strahlung, Leitung und Umsetzung in Arbeit verloren ging.

	Wärme-Gewinn.	Wärme-Verlust.				
		Durch Wasserverdunstung.	Durch Erwärmung d. Athmungsluft.	Durch Erwärmung der Nahrungsm.	Durch die flüss. u. feste Entleerung.	Durch Strahlung,-Leitung und Arbeit.
I.	3677820	789421	308438	60610	52697	2566654
II.	2706076	699801	100811	52492	33020	1819952
III.	1461334	425851	90558	30716	26288	887921
IV.	3103536	320354	222868	59620	66103	2434591
V.	2928831	612103	132570	51471	33556	1999131

Eine einfache Uebersicht über das Verhältniss der Wärmegewinne giebt folgende Zusammenstellung, in welcher die Zahl der in 24 Stunden gewonnenen Wärmeeinheiten auf die Einheit des Körpergewichtes (auf 1 Gr.) reducirt ist.

Ordnungsnummer des Versuches.	W.-E. für 1 Gr. Körpergewicht während 24 Stunden entwickelt.
I.	77,4
II.	65,9
III.	97,4
IV.	52,9
V.	47,9

Diese Zusammenstellung ergiebt, dass der Mann in den mittleren Jahren im Sommer weniger Wärme erzeugt, als im Winter; das Kind relativ mehr, die erwachsene Frau weniger als alle übrigen Individuen.

Um die Betheiligung der einzelnen Processe an dem gesammten Wärmeverbrauch zu übersehen, ist letzterer in der nächsten Tabelle in Procenten der Gesammtwärme berechnet.

Ordnungs-Nummer des Versuches.	Verlust.			
	Durch Wasserverdunstung.	Durch die Athmungsluft.	Durch die flüssige und feste Entleerung.	Durch Strahlung, Leitung v. d. Haut u. mech. Arbeit.
I.	21,46 pCt.	8,39 pCt.	1,43 pCt.	67,07 pCt.
II.	25,85 „	3,72 „	1,22 „	67,22 „
III.	29,14 „	6,19 „	1,80 „	60,77 „
IV.	10,32 „	7,18 „	2,13 „	78,45 „
V.	20,90 „	2,53 „	1,14 „	71,67 „

Aus dieser Tabelle ist ersichtlich, dass weitaus die grösste Einbusse durch Strahlung und Leitung und durch Erzeugung mechanischer Arbeit zu Stande kommt; eine einfache Ueberlegung weist dann aber darauf hin, dass von den in der letzten Reihe zusammengefassten Funktionen die mechanische Leistung die geringste Menge von W.-E. verzehrt. — Denn nehmen wir z. B. an, der Mann I., welcher im Mittel täglich 3191948 gewinnt, habe einen Berg von 2000 Metres Höhe erstiegen, d. h. er habe sein Körpergewicht von 47500 Gr. auf diese Höhe gehoben, so würde er (das mechan. Aequivalent zu 430 Metergramme genommen) dazu nur 220930 Wärmeeinheiten, d. h. etwa 7 pCt. seiner gesammten Wärmemenge, verbraucht haben.

Bildung und Verbrauch von Wärme in den einzelnen Organen.

Zunächst liegt es nun ob, anzugeben, in welchem Maasse sich die einzelnen Organe und Gewebe an dem Gewinne und dem Verluste der Wärme betheiligen, da es aus dem uns bekannten chemischen Leben derselben offenbar ist, dass sie dieses nicht alle in gleicher Weise thun.

Um den Werth feststellen zu können, mit dem ein jeder Bestandtheil unseres Leibes in jenen verbreiteten Process eingreift, wird nichts mehr und nichts weniger genügen, als die Kenntniss von der Art und dem Umfange des Stoffumsatzes und des Wärmeverlustes durch Leitung und Strahlung an allen Orten; statt dessen würden auch vorausgesetzt, es hielte sich die Temperatur in den betreffenden Organen constant, die Wärmecapazität und der Temperaturunterschied der zu- und abfliessenden tropfbaren Flüssigkeiten und die Verluste durch Strahlung genügen; oder wenn die Temperatur variabel wäre, so würde noch die Kenntniss der Wärmecapazität des Organes und des Umfanges der Temperaturschwankung nöthig sein.

In der That wissen wir aber im Einzelnen nur Folgendes. Zu den vorzugsweise wärmesammelnden Gebilden zählen wir:

a. Die Muskeln im ruhenden und im verkürzten Zustande. Denn diese Organe verlieren durch Strahlung keine Wärme, während sie mit Hülfe des hinzutretenden O's CO_2 entwickeln, und dieses letztere in gesteigertem Maassstabe, wenn sie sich im verkürztem Zustande befinden. Hiermit im Einklange finden Becquerel und Brechet durch die thermoelektrische Messung, dass der zusammengezogene Muskel um 0,5° bis 1,0° wärmer als der verlängerte ist.

b. Die Speicheldrüsen während der Zeit ihrer Absonderung.

c. Die Baucheingeweide. In ihnen ereignen sich weitverbreitete wärmeerzeugende Vorgänge, so u. A. die häufigen Zusammenziehungen der Darmmuskeln, die Gährungen im Darmrohre, die Bildung von Harnsäure in der Milz, von Gallenstoffen in der Leber u. s. w., gegen deren erwärmende Macht die Abkühlung durch die Speisen, die einzige, welche sie erleiden, nicht in Betracht zu kommen scheint. Die Richtigkeit dieser Folgerung bestätigt die Temperatur des Blutes in der vena cava ascendens, welche immer noch höher ist, als die des Arterienblutes, trotzdem dass sich in jener Vene neben dem aus den Baucheingeweiden stammenden auch noch das aus den kälteren unteren Extremitäten zurückkehrende Venenblut sammelt.

d. Die Organe, welche vorzugsweise aus Bindegewebe, Fett, Knorpel und Knochen bestehen, sind rücksichtlich ihrer Fähigkeit, Wärme zu erzeugen, noch wenig untersucht: so viel scheint nur gewiss, dass ihnen dieselbe nicht abgesprochen werden kann, da das in sie dringende arterielle Blut venös aus ihnen zurückkommt, zum Zeichen, dass dasselbe dort Kohlensäure empfangen hat, und da in einzelnen derselben, wie z. B. in der Lungensubstanz, Harnsäure gefunden worden ist. — Ungewiss ist es endlich, ob das Blut, welches gegen eine vielfache Berührung mit den Organen geschützt ist, Umsetzungen erfährt, die Wärmeentwickelung zur Folge haben. Von den Thatsachen, welche man bis dahin für das Bestehen einer Wärmebildung in ihm anführte, bestand eine darin, dass das aus den Lungen zurückkommende Blut durch die Abkühlung, welche es dort erfahren musste, höher temperirt sein sollte, als das eindringende. Diese Thatsache ist aber durch die oben erwähnten Beobachtungen von Bischoff, G. Liebig, Bernard u. A. widerlegt worden.

Zu den kühlenden Apparaten zählen vor allen Haut und Lunge.

a. Haut. Die Wärmemenge, welche dieses Organ ausstrahlt und ableitet, ist unter der Annahme, dass dasselbe in unbekleidetem Zustand in Betracht gezogen und alles Uebrige gleichgesetzt wird, aus einleuchtenden Gründen abhängig: 1) von der schlecht leitenden Epidermis und des Haarbeleges; der Wärmeverlust ist darum, alles Andere gleichgesetzt, an den Fusssohlen, den Handtellern, der Kopfschwarte geringer als an den Lippen, Ohren, Augenlidern u. s. w. — 2) Von der Fülle des Gefässsystems, welche bekanntlich wechselt mit dem Blutdruck und der Widerstandsfähigkeit der Wandung, und, insofern diese bedingt wird durch die kleinen Muskeln des Hautgewebes und der Gefässwandung, auch von dem Grade der Zusammenziehung, in dem diese begriffen sind. — 3) Von der Gestalt der Unterlage, über welche die Haut gespannt ist. Auf der Flächeneinheit dünner, spitzer Körpertheile, wie z. B. der Ohrmuschel, der Nase, den Fingern und überhaupt den Extremitäten wird der Verlust grösser sein, als auf der eines Rumpfstückes, und zwar darum, weil die Strahlung aus Spitzen überhaupt lebhafter vor sich geht, als aus ebenen Flächen. — 4) Die Vorgänge der Verdunstung entziehen aber, wenn alles Uebrige gleich, der Haut um so mehr Wärme, je feuchter ihre Oberfläche ist. Aus diesem Grunde wird namentlich eine Haut, deren Schweissdrüsen in Thätigkeit sind, und die sich in Folge dessen mit Flüssigkeit bedeckt, in das Maximum des Wärmeverlustes durch Verdunstung eintreten. — Der thatsächliche Ausdruck dieser Voraussichten liegt nun darin, dass das Blut der Hautvenen die niedrigste Temperatur unter allen Blutarten zeigt, dass die thermoelektrische Untersuchung das Unterhautbindegewebe kälter findet, als dasjenige tiefer liegender Organe, und endlich darin, dass unter den verschiedenen Ausgaben, welche sich in die Wärmeeinnahme des Körpers theilen, die durch die Haut immer die grösste ist. — Bei dem grossen Werthe, welchen der Wärmeverlust hier erreicht, ist es nun unmöglich zu sagen, ob und wie viel Wärme in der Haut selbst erzeugt wird.

b. Die Abkühlung durch die Lunge nimmt mit der Zahl und und dem Umfange der Athemzüge und mit der Geschwindigkeit des Blutstromes zu. Da man ungefähr die Luftmengen kennt, welche den Tag über in den Lungen wechseln, und zugleich ihren Feuchtigkeitsgehalt und Temperaturgrad beim Ein- und Austritte aus den

Lungen, so ist eine angenäherte Berechnung des täglichen Wärmeverlustes möglich.

Wir legen, indem wir sie anstellen, die Barral'schen Beobachtungen mit folgenden Unterstellungen zu Grunde: Aus den Angaben des absoluten Gewichtes der Ausathmungsluft lässt sich berechnen, wie viel Wasser sie enthalten habe, vorausgesetzt, dass sie auf 37⁰ C. erwärmt und mit Wasserdampf gesättigt gewesen sei. Zieht man von diesem das Gewicht des Wassers ab, welches man erhält, wenn man annimmt, dass die eingeathmete Luft auf 15⁰ erwärmt gewesen und etwa die Hälfte (z. B. 60 pCt.) des Wasserdampfes enthalten habe, den sie bei dieser Temperatur fassen konnte, so erhält man das in der Lunge wirklich verdunstete Wasser. Diese Mengen betragen für die Beobachtungen I. und II., die einzigen, welche wir betrachten werden:

	In der Lunge verdunstetes Wasser.	Zur Verdunstung nothw. Wärmeeinheiten.	Zur Erwärmung der Athmungsluft verbrauchte W.-E	Summe der verbrauchten W.-E.
I.	950,5 Gr.	609590	308438	919928
II.	596,0 „	382240	100811	483051

Diese Beobachtungen können nun dazu benutzt werden, um zu ermitteln, um wie viel das Blut abgekühlt werden musste, welches durch die Lunge strömt. — Nehmen wir nämlich mit Volkmann*) an, ein jeder Herzschlag entleere 0,0025 des Körpergewichtes Blut, und rechnen wir mit Barral als mittlere Pulszahl in der Minute 70 Schläge, so würden in 24 Stunden 11,970,000 Gr. Blut durch die Lunge strömen. — Vertheilte man den Wärmeverlust auf diese Blutmenge, so würde in Beobachtung I. das arterielle Blut um 0,70⁰ C. und in Boobachtung II. um 0,04⁰ C. kälter sein, als das venöse. — Wir folgern begreiflich aus dieser Uebereinstimmung mit den von Bischoff und G. Liebig für die Temperatur des venösen und arteriellen Herzblutes gefundenen Zahlen weder, dass die Unterlagen unserer Rechnung tadelfrei sind, und noch weniger, dass in den Lungen durchaus keine Wärme gebildet werde. Jedenfalls ist sie aber geeignet, die Aufmerksamkeit auf sich zu ziehen. Denn wenn sich die Beobachtungen noch mehr, als es bisher geschehen, zuschärfen sollten, so würde es möglich sein, die alte Controverse zum Abschluss zu bringen, ob in der Lunge eine wesentliche Wärmequelle zu suchen sei. Sie lehrt aber jetzt schon, dass die Angaben von J. Davy, Becquerel-Brechet u. A. über die Temperaturzunahme des Blutes bei seinem Wege durch die Lunge von fehlerhaften Beobachtungen herrühren müssen.

Ausgleichung der Temperatur zwischen verschiedenen Organen.

Da die abkühlenden und erwärmenden Ursachen mit einer so ungleichen Kraft in den verschiedenen Körpertheilen wirksam sind, und ihre Temperatur trotz der schlechten Wärmeleitungsfähigkeit der Thierstoffe dennoch so geringe Unterschiede bietet, so müssen offenbar Einrichtungen gegeben sein, welche diese Unterschiede fortwährend ausgleichen. Diese liegen nun in der That klar genug vor in der Bewegung und Mischung der thierischen Säfte und insbesondere des Blutes.

*) Haemodynamik. p. 208.

Als Gründe, die hierfür sprechen, sind anzuführen 1) die Mischung des erwärmten und abgekühlten Blutes im Herzen und somit die gleichmässige Vertheilung des Blutes von mittlerer Temperatur in die verschiedenen Organe; 2) die Beobachtung, dass in allen der Abkühlung unterworfenen Theilen, und namentlich der Haut, die Temperatur sich um so mehr der des Herzblutes nähert, je rascher und je breiter der Blutstrom ist, der durch diesen Theil kreist, während sie sich um so weiter von derselben entfernt, je geringer der Querschnitt oder die Schnelligkeit des Stromes ausfällt. — Diese letzte Thatsache, die unzählige Male in Gliedmaassen beobachtet wird, in denen eine veränderte Blutströmung stattfindet, sei es eine Stockung in Folge von Arterien- oder Venenunterbindung, sei es eine Beschleunigung nach einer Erweiterung der zuführenden Gefässe, ist durch eine Reihe von Beobachtungen, welche Cl. Bernard*) ausgeführt hat, in das hellste Licht gesetzt. Wir haben schon wiederholt erwähnt, dass, wenn er am Halse den Sympathicus durchschnitt, sich alle Gefässe der entsprechenden Kopfhälfte erweiterten, und dass sie, wenn er das peripherische Schnittende mit einem galvanischen Induktionsapparat erregte, sich wieder verengerten. Nach der einfachen Durchschneidung steigerte sich nun auch die Temperatur in der Gesichtshaut dieser Seite, während die der entgegengesetzten um einen grösseren oder kleineren Werth abnahm, und umgekehrt erniedrigte die Temperatur sich auf der verletzten Seite, wenn er die erregenden Pohldrähte an den peripherischen Stumpf des durchschnittenen Nerven anlegte. — Die Wärmeerhöhung, welche nach der Durchschneidung des Sympathicus auftritt, wird man aber um so eher aus dem oben berührten Gesichtspunkte und nicht aus einer Neubildung von Wärme erklären, weil die Temperatur niemals diejenige übersteigt, welche gleichzeitig im Herzen gefunden wird, und auch noch darum, weil, wie Bernard beobachtete, das aus den Venen zurückkehrende Blut dem arteriellen, namentlich in Beziehung auf Färbung, sehr ähnlich ist, sich also wegen des raschen Durchganges nicht mit den gewöhnlichen Oxydationsprodukten der Bindegewebssubstanz überladen hat.

Bernard weicht allzu vorsichtig noch einer Erklärung der von ihm gefundenen Thatsachen aus; gegen die eben mitgetheilte äussert er sich sogar ungünstig, weil er

*) Recherches expérimentales sur le grand sympathique etc. Paris 1854. — Gazette médicale. 1854. Nr. 1. 2. 3.

gefunden, dass in der Ohrmuschel auf der verletzten Seite immer noch eine, wenn auch nicht mehr sehr bedeutende Wärmesteigerung eintrat, nachdem er mehrere der aus ihr zurückkehrenden Venen, oder die zuführenden Arterien unterbunden, d. h. die Geschwindigkeit und die Ausbreitung des Blutstromes in dem Ohre gemindert hatte. Siehe hierüber noch v. d. Becke-Callenfels*)

Mittel zur Erhaltung des normalen Wärmegrades.

Das Verhältniss zwischen Aus- und Einfuhr von Wärme, wie es ausgedrückt wird durch den Temperaturgrad des thierischen Körpers, bleibt, wie wir sahen, in verhältnissmässig engen Grenzen eingeschlossen; es muss also auch der Gewinn der Wärme mit dem Verluste derselben steigen und fallen. Die organischen Bedingungen, welche diese Beziehungen herstellen, sind zum Theil wenigstens bekannt, der Mechanismus dieses Zusammenhanges ist dagegen noch nicht aufgedeckt. — Eine der wesentlichsten Beziehungen, welche wir gesondert betrachten, ist gegeben durch die Temperaturempfindung, welche je nach den Einwirkungen der Kälte oder Hitze einen Wärmehunger und Wärmeekel erzeugt; in der natürlichen Folge davon begeben wir uns, wo irgend möglich, in Verhältnisse, welche die unangenehmen Empfindungen beseitigen; wir wählen hierzu gewöhnlich solche, welche ohne Zuthun irgend welcher inneren Veränderungen die gewünschte Körpertemperatur herbeiführen, indem wir die Wärmeleitungsfähigkeit der Kleidung reguliren, warme oder kalte Speisen geniessen u. s. f. — Neben diesen willkürlichen Mitteln zur Herstellung des Gleichgewichtes zwischen den Ein- und Ausgaben von Wärme, giebt es noch eine Zahl von solchen, die durch unsere Seelenzustände nicht so unmittelbar bestimmt werden. Sie wirken in allen Individuen, aber in den verschiedenen unzweifelhaft mit einer auffallend verschiedenen Mächtigkeit; ausser besonderen, durch die Geburt gegebenen Anlagen wirkt auf diesen letzteren Umstand namentlich der Gebrauch der willkührlichen Ausgleichungsmittel ein, ein Einfluss, der gemeinhin als Abhärtung oder Verwöhnung bezeichnet wird.

I. Wenn die Wärme vermehrt oder vermindert wird in Folge der gesteigerten oder verringerten chemischen Umsetzung innerhalb des Thiers, so muss die Thätigkeit, den wärmeausgebenden Organen entsprechend, sich ändern. — Vermehrt sich die Wärmeeinnahme und nähert sich damit die Körpertemperatur ihrem Maximum, so geschieht es, dass a) die Capillaren in der Oberfläche der

*) Henle's und Pfeufer's Zeitschrift. 2. Folge. VII.

Cutis sich erweitern; der raschere und ausgedehntere Blutstrom, der durch sie kreist, bringt die Haut auf eine höhere Temperatur, und damit wird der Verlust durch Leitung und Strahlung, welcher dem Temperaturunterschied zwischen dem thierischen Körper und dem umgebenden Medium proportional ergeht, erhöht. — b) Meist tritt zugleich eine Schweissbildung ein, und damit wird eine gesteigerte Verdunstung eingeleitet, welche beträchtlich abkühlend wirkt. Diese Schweissbildung tritt aber wegen besonderer, noch unbekannter Einrichtung nicht an jeder Drüse mit gleicher Lebhaftigkeit hervor, und zugleich ist auch die Summe des ergossenen Wassers nicht auf allen Hautflächen gleich gross, da die Zahl der Schweissdrüsen in ihnen variirt. — Wenn wir nun auch gar keine Vorstellung davon haben, warum mit der gesteigerten Eigenwärme sich die Gefässe erweitern und die Schweisdrüsen absondern, so ist doch der Vortheil, den beide Apparate in ihrer Vereinigung zu leisten vermögen, einleuchtend genug. Denn offenbar würde die Ausbreitung und Beschleunigung des Blutstromes in der Haut wenig abkühlen, wenn, wie im Sommer und den Tropen, die Temperatur der Atmosphäre sich derjenigen des thierischen Körpers annähert oder sie gar übertrifft. — c) Es mehrt sich endlich mit dem gesteigerten Stoffumsatze auch die Zahl und die Tiefe der Athembewegungen, und damit auch die Abkühlung durch Leitung und Verdunstung von der Lungenoberfläche aus.

d) Der verminderten Wärmeeinnahme folgt jedesmal eine Zusammenziehung der kleinen Muskeln in dem Gewebe und den Blutgefässen der Haut, wodurch sich das Bett des Blutstromes in dieser verengert; die Haut wird also trockener, und zugleich sinkt ihre Temperatur und damit auch der Verlust durch Verdunstung und Strahlung. Unterstützend für die Zurückhaltung der Wärme tritt wenn einmal die Gefässfülle der Haut auf ein Minimum gesunken ist, auch der panniculus adiposus ein, welcher die Ableitung der Wärme von den Muskeln und tieferen Gefässen zu der Haut hemmt (Bergmann). Für die Athmung gilt bis zu einem gewissen Grade das Umgekehrte von dem, was für den Fall vermehrter Wärmebildung ausgesprochen wurde.

Um zu zeigen, in welchem Maasse die Luft durch Aufnahme von Wärme und Wasserdampf abkühlend wirken kann, hat Helmholtz das unten stehende Täfelchen berechnet. In diesem finden sich die Wärmeeinheiten verzeichnet, welche ein Volum Luft, das einen Gramm wiegt, nöthig hat, um von einem gegebenen Tem-

peratur- und einem gegebenen Feuchtigkeitsgrad auf 37° C. erwärmt und mit Wasserdampf vollkommen gesättigt zu werden.

In der Colonne A ist die Temperatur angegeben, welche die Luft besass, ehe sie dem erwärmenden Einflusse ausgesetzt wurde; die Colonne B zerfällt in 4 Unterabtheilungen, welche die Ueberschriften 50, 70, 90, 100 pCt. tragen. Diese Ueberschriften beziehen sich auf die Prozente der ganzen Dunstmenge, welche die Luft fassen kann, wenn sie die in A angemerkte Temperatur besitzt. Die unter den einzelnen Unterabtheilungen stehenden Zahlen geben an, wie viel Wärmeeinheiten verbraucht werden, um die Luft bei einer Temperatur von 37° C. vollständig mit Wasserdampf zu sättigen, nachdem sie schon bis zu den bezeichneten Grenzen für die unter A gegebene Temperatur mit Wasserdampf erfüllt war. Unter C endlich ist die Zahl der Wärmeeinheiten notirt, welche die Luft verbraucht, um ihre Temperatur von den unter A gegebenen Graden an auf 37° C. zu bringen.

A.	B.				C.
	50 pCt.	70 pCt.	90 pCt.	100 pCt.	
30° C.	15,0	12,1	9,3	7,9	1,7
20° C.	20,5	18,9	17,3	16,5	4,2
10° C.	25,1	24,2	23,3	22,9	6,9
5° C.	27,2	26,5	25,9	25,5	7,4
0° C.	29,7	28,6	28,2	28,0	9,9

Diese Tafel lässt erkennen, dass in den sommerlichen Temperatur- und Feuchtigkeitsgraden die Abkühlung, welche die Luft zu erzeugen vermag, fast nur der Verdunstung zuzuschreiben ist.

e) Obwohl alle Hauttheile mit Mitteln zur Temperaturregulirung versehen sind, so sind doch einige derselben vorzüglich begünstigt; dahin gehören die, welche zugleich mit starken Horngebilden und zahlreichen und grossen Schweissdrüsen begabt sind, z. B. das Haupt, das einerseits das Kopfhaar und andererseits die schweissdrüsenreiche Stirnhaut trägt; die dicke Epidermissohle der Füsse, das Haar und die Schweisdrüsen der Achselhöhle sind ebenfalls hierher zu ziehen. — Anderen Hautstellen ist durch ein sehr leicht und bedeutend zu erweiterndes und verengerndes Gefässsystem die Möglichkeit gegeben, ihre Temperatur dem wechselnden Gewinne und Verlust anzupassen; so die Ohrmuscheln, die Nasenhöhle u. s. w.

2. Auch den ungleichen Verlusten an Wärme, welche der thierische Körper durch Aenderungen der abkühlenden Einflüsse erleidet, passt sich die Wärmeerzeugung an. — a) Sind die Ausgaben an Wärme für die Dauer vermehrt, so kann dem Bedürfniss begreiflich nur durch eine grosse Einnahme von Wärme genügt werden, mit anderen Worten, der Warmblüter muss unter diesen Umständen viel Nahrung zu sich nehmen. Dieser Satz findet vielfältige Bestätigung.

So ist es gar keinem Zweifel unterworfen, dass bei den Warmblütern die proportionale Menge von Nahrung wächst mit dem steigenden Quotienten aus der Oberfläche in das Gewicht des Körpers, womit, wie Bergmann*) in der anziehendsten Weise dargelegt hat, die Abkühlung der Thiere steigen muss; kleine Menschen und Thiere, welche relativ zu ihrem Körpergewichte mehr abkühlen, essen demnach auch relativ mehr als grosse. — Mit der Muskelanstrengung nimmt ebenfalls das Nahrungsbedürfniss zu, und zugleich steigt auch mit ihr der Wärmeverlust, da ein Theil der latenten Wärme sich in mechanische Arbeit umsetzt und mit der Muskelzusammenziehung zugleich der wärmebildende Stoffumsatz und die Mitteltemperatur und somit auch der Wärmeverlust durch Abkühlung gesteigert wird. — Man behauptet endlich auch, dass mit den klimatischen Verhältnissen der Stoffumsatz resp. die Wärmebildung veränderlich sei. Alle Zahlenbeobachtungen, welche bis dahin vorliegen, lassen aber diese Annahme sehr zweifelhaft erscheinen. Doch muss man eingestehen, dass die Untersuchungen auch noch mangelhaft genug sind. Denn da die Wärme, welche die Gewichtseinheit des Nahrungsmittels leisten kann, sehr beträchtlich mit der Zusammensetzung wechselt (Fette liefern bekanntlich am meisten), so ist es nicht genügend zu bestimmen, ob das Gewicht der Nahrungsmittel in Island oder Westindien gleich gross gewesen sei, sondern es ist nöthig, auch zu wissen, ob sie in Island reicher oder ärmer an Kohlenhydraten waren. Noch weniger befriedigend sind die Beobachtungen mit Rücksicht auf die Lebensbedingungen verglichener Individuen; denn es ist an sich klar, dass sich durch die Kleidung, die Muskelthätigkeit u. s. w. sehr auffallende Unterschiede der Klima's ausgleichen lassen. —

b. Dem thierischen Körper steht aber auch die Fähigkeit zu, über den in seinen Atomen niedergelegten Wärmevorrath so zu ver-

*) Ueber die Verhältnisse der Wärmeökonomie der Thiere zu ihrer Grösse. Göttingen 1848.

fügen, dass er einer plötzlichen Steigerung oder Minderung des Wärmebedürfnisses sich anpassen kann. Beweise hierfür bietet die Erfahrung, dass die Temperatur des Blutes in kalter Luft oder in einem kalten Bad nicht nothwendig sinken muss, obwohl namentlich in dem letztern Fall der absolute Wärmeverlust grösser ist als sonst (Liebermeister). Die Mittel, durch welche die Grösse der thierischen Umsetzung sich nach dem Wärmeverlust einrichtet, sind nur zum Theil bekannt. Es zählt zu ihnen nachweislich die veränderliche Muskelthätigkeit, welche ein so ausgezeichnetes Erzeugungsmittel von Wärme darstellt, wie aus den schon früher mitgetheilten Versuchen hervorgeht. Bekanntlich benutzen auch alle muskelkräftigen Individuen ihre eigne Körperbewegung dazu, um sich in kalter Umgebung zu erwärmen. Aber mit ihr scheint keineswegs die Zahl der Mittel, welche die Eigenwärme bei bedeutenden Verlusten regeln, erschöpft zu sein, da auch stillsitzende Thiere bei selbst gesteigertem Wärmeverlust ihre Bluttemperatur erhöhen können (Hoppe). Man könnte in dem letztern Fall fragen, ob nicht die wegen der Abkühlung der Haut eintretende Verengerung ihrer Blutgefässe Veranlassung dazu gäbe, dass sich der Blutstrom umfänglicher den andern vorzugsweise Wärme erzeugenden Organen zuwendete, z. B. den Muskeln, der Leber u. s. w. Dieser reichliche Blutzufluss könnte dann nicht allein die Ursache einer lebhafteren Umsetzung, sondern auch in zweiter Linie die eines gesteigerten Nahrungsbedürfnisses sein.

Sachregister.

C.

D.

E.

F.

G.

H.

I.

K.

L.

N.

O.

P.

Q.

R.

S.

T.

U.

V.

Gedruckt bei E. Polz in Leipzig.





